

産業機械の仕様調整のための知識モデルとオントロジーの構築 Constructing knowledge models and an ontology for adjusting specifications of industrial machinery

井戸 大成
Taisei Ido

來村 徳信
Yoshinobu Kitamura

立命館大学 情報理工学研究科
Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

This collaborative research with a manufacturing company focuses on the adjustment process of design specifications of industrial machinery. The adjustment process consists of two steps; (1) to extract such specifications that need to be adjusted from the required specifications given by a customer and (2) to propose changes of those specifications for negotiation with the customer. In order to help engineers perform such processes efficiently, this research aims at knowledge modeling of past cases of adjusted specifications and ontology building for defining concepts in the knowledge models. The similarity calculation using the semantic structure of the ontology can improve the recall ratio of the extraction of the specifications to be adjusted. The semantic relations in the knowledge models could also contribute to higher accuracy ratio. Furthermore, the pattern knowledge of the past changes will realize semi-automatic generation of proposals of adjusted changes.

1. 研究対象と課題

製造業界における産業機械の多くは標準的な仕様を持ち、顧客から要求される仕様(顧客要求仕様)に合わせ、仕様のカスタマイズを行ってから製造される。顧客要求仕様の中には、産業機械の製造を行う側にとって、製造上の観点などから問題となりうる仕様が含まれることがある。このような仕様は「要注意仕様」と呼ばれ、顧客との間で、調整や変更が必要となるものである。つまり、製造側は、顧客要求仕様の中から要注意仕様を漏れなく抽出して、それに対する適切な変更案を作成し、顧客側と仕様を調整する必要がある。このような一連の流れを顧客側と製造側間の「仕様調整」問題として捉える。

これまで、このような仕様調整問題における「要注意仕様」の抽出は、人手によって行われてきた。しかしながら、顧客要求仕様の量は膨大であるために、抽出には大きな時間とコストがかかっていた。また、抽出と変更案の作成は、過去の要注意仕様事例と、機器の標準仕様に関する知識に基づいているが、そのような知識は属人的であり、抽出の精度は担当者の経験や力量に依存していた。さらに、本研究が対象としている産業機械では、ある1つの案件で要注意仕様として抽出された文章は、顧客要求仕様全体の約45,000文のうち、約200文であり、その比率は約0.4%と非常に低い。そのような要注意仕様の全てを正確に抽出し、適切な変更案を作成することは困難であった。

このような仕様調整問題を計算機によって支援することを目指して、本研究の開始前に、自然言語処理による語句マッチングによる要注意仕様の抽出が試みられた。具体的には、過去の要注意仕様に関する文書をデータベースに格納しておき、その中から新規の顧客要求仕様書内に含まれる語句とマッチする文書を抽出する手法である。しかしながら、実際に実験を行ったところ、自然言語処理による文書抽出の精度が低いという問題があった。このような問題は他企業においても一般的に存在しており、仕様抽出の精度の向上は課題とされている [待井2010]。また、この手法では、支援の対象が要注意仕様の抽出

連絡先: 井戸 大成, 立命館大学情報理工学研究科ナレッジ
コンピューティング研究室, is0202he@ed.ritsumeikan.ac.jp

にとどまり、仕様の変更案の作成を支援できないことも、課題として認識された。

2. 研究目標とアプローチ

そこで、本研究では、産業機械を製造する企業との共同研究の一部として、仕様調整問題の担当者を計算機で支援するための、知識モデルとオントロジーの構築を目指している。

本研究が目標とする支援システムのフレームワークを図1に示す。システムは内部に過去の受注案件における顧客要求仕様に関する文書の全文を格納したデータベースと、仕様調整問題に関する知識モデルとオントロジーを持つ。それに対して、担当者が新しい案件における顧客要求仕様に関する文書を与えると、支援システムが、(1)顧客要求仕様の中から「要注意仕様」である可能性が高い仕様を抽出して提示する、(2)可能であれば抽出された要注意仕様に対してどのような変更を顧客に提案すべきか(変更仕様案)を提示する、という2つの機能を実現することを目指す。

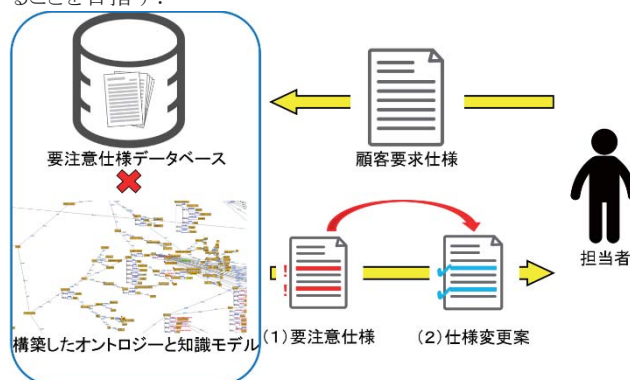


図1 目標とする仕様調整支援システムのフレームワーク

本研究における課題は、前節で述べたように、要注意仕様の抽出の際の精度であり、特に、抽出漏れが少ないように、再現率を高めることを本研究の第1の目標とする。また、要注意仕様の抽出だけではなく、適切な仕様の変更案を生成することも目標であり、過去に完全に一致するような要注意仕様の変更事例

が存在する場合に加えて、完全一致ではないが意味構造的に類似性が見られるものに基づいて、変更仕様案を自動的に生成することを第2の目標とする。

これらの目標を実現するために、本研究では、まず、過去の要注意仕様の仕様変更の事例に関する知識を、知識モデル化する。次に、知識モデルに現れる概念をオントロジーとして定義することを行う。

3. 構築した知識モデルとオントロジー

3.1 仕様調整の表現枠組みの同定

まず、要注意仕様が含まれる場合の仕様調整の流れを表現するための枠組みを定義する。これによって、3.2節における事例の知識モデルの記述枠組みを同定する。

顧客からの要求仕様の中の要注意仕様に対して製造側が検討を行い、検討結果仕様を得て、仕様変更案として提案することになる。このとき、顧客要求仕様と検討結果仕様の2つの仕様の間においては、顧客要求仕様内の要素に対して、製造側によって部品の代替や削除といったなんらかの行為(“Action”)が行なわれている。また、その行為には製造上の観点などの合理的な理由(“Reason”)が存在している。以上のことから、仕様調整の流れを表現するために、図2の例の中で示されているような、顧客要求仕様に対して、製造側がある理由(“Reason”)である行為(“Action”)を行った結果として、検討結果仕様が得られる、という枠組みを同定した。実際の仕様調整は、この流れを双方の合意に至るまで繰り返すことで行われる。

3.2 過去事例の知識モデル化

前節で同定した枠組みに沿って、過去の要注意仕様の変更事例を知識モデルとして記述した。現在までに、共同研究先より提供を受けた183個の事例から、147個を知識モデルとして記述した。この知識モデル内で出現する概念は全て3.3節におけるオントロジーで定義する。自然言語文で記述されていた過去事例を知識モデルとして表すことによって、文書内における重要な概念や概念間の関係が明確にすることを目指した。

図2に記述した知識モデルの例を示す。本例は顧客要求仕様が「RTD エlementに電圧保護装置をつけてほしい」(原文は英語である)というものであり、これに対して製造側としては「RTD Elementには大きな電圧がかけられないことがないため、電圧保護装置は不要である」という判断がなされたため、要注意仕様として抽出されている。つまり、顧客要求仕様内の電圧保護装置を、検討結果仕様内では削除する(“Delete”)という“Action”を行うこととなる。削除する理由(“Reason”)は、「不要である」からである。以上を知識モデルとして表したものが図2である。

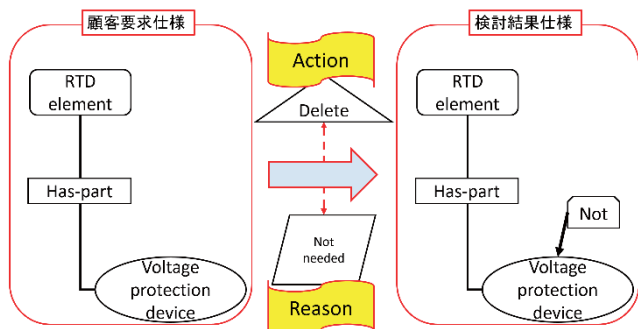


図2 過去事例の概念的知識モデルの例

図2の左部分で表されている顧客要求仕様では、RTD Element(“RTD element”)に電圧保護装置(“Voltage protection device”)を設置することが、両装置を“Has-part”という関係によって結びつけられていることで表現されている。それに対して、右部分で表されている検討結果仕様では、電圧保護装置に対して「存在しない(“Not”)」という修飾子が付けられていることによって、顧客要求仕様から電圧保護装置が削除されていることが明示的に表されている。

このように概念的に記述した知識モデルに現れる概念をオントロジーとして定義し、次にその概念を用いて知識モデルを計算機的に記述する。それぞれを、3.3節と3.4節で述べる。

3.3 知識モデル記述のためのオントロジー構築

次に、前節で述べた知識モデルに出現する概念をオントロジーとして定義した。オントロジー定義には、「法造」[古崎 2006]を使用した。現時点のオントロジーは、約400個の基本概念と約300個のルール概念が定義され、分類階層は最大で10段となっている。

例として、仕様変更を伴う“Delete”といった行為を、設計者が行う行為(“Designer’s Action”)の下位概念として図3に示すように定義した。“Designer’s Action”概念は、上位から順に、“Action”概念、“Person’s Action”概念の下位概念である。まず、“Action”概念は主体が対象物の状態変化を起こすことを表す。この定義においては、行為に関わるものが果たす役割を表す「ルール概念」として、“Doer”、“TargetObject”、“ResultObject”が定義されている。それぞれ、行為の主体、行為によって働きかけられる対象物、行為の結果として得られるものや状態、という役割(ルール)を表す。これによって、“Doer”のルールを担ったものが、“TargetObject”ルールのものであるに対して働きかけた結果、“ResultObject”の状態のものであるという概念として、“Action”概念を定義した。

次に、“Person’s Action”は人物が主体となって特定の時間的フェイズにおいて状態変化を起こすことを表す。図3左側に示すその定義では、“Doer”ルールを担えるクラスが“Person”と指定されており(クラス制約と呼ぶ)、主体が人間に限定されている。また、ルール概念として定義されている“time”はその行為が行われる時間的なフェイズを表しており、クラス制約は“Temporal_phase”となっている。

その下位概念である、“Designer’s Action”は設計者が主体となって設計仕様を変化させる行為を表す。その定義では、主体となる“Doer”ルールを担えるものが設計者(“Designer”)、“time”ルールにおける時間的フェイズ(“temporal_phase”)が設計段階(“designing_phase”)、行為の対象物(“TargetObject”)や結果物(“ResultObject”)が設計仕様(“DesignSpecification”)であることが、クラス制約をそれぞれ特殊化することで、定義されている。

図2に現れている“Delete”概念は、この“Designer’s Action”の下位概念として図3右側のように定義されており、設計仕様(“DesignSpecification”)の中のある特定の要素の数が減ることが、スロットの個数制約によって、定義されている。

また、“Delete”と同階層には、「確認項目の同定」を意味する“Identify confirmation item”、「追加」を表す“Add”、「変更」を表す“Change”が定義されており、それぞれがスロット制約の特殊化により仕様の中の要素に対しての行為を意味する。

また、仕様変更における「理由」(“Reason”)を、なにかが要因となって、結果として設計者の行為が起こるものとして図 4 に示すように定義した。例えば、“Standard of XXX” は、製造側の標準が理由であることを表す“Standard of Vender”の下位概念として、特定の製造会社 XXX 社の標準仕様が理由であることを表している。また、“Reason”の下位概念として、部品に起因する場合の“Device Factor”や、アフターサービスに起因する場合の“Factor of After Service”などが定義されている。これらも“Action”以下の概念と同様、それぞれの概念がスロット制約の特殊化により“Designer’s Action”の理由として定義されている。

3.4 計算機的知識モデルの記述

次に、3.2 節で概念的な知識モデルとして表した要注意仕様変更事例のうち、顧客要求仕様を計算機的に記述する。3.3 節でオントロジーとして定義した概念を用いて、記述した。

図 5 は図 2 に示した概念的な知識モデルを計算機的に記述したものである。“RTD element”に“Voltage protection device”が設置されているものであるということが“Has-part”関係を用いて、表されている。

これによって、次節で述べるように、語句の共起関係だけではなく、両者の間の関係性に基づいた抽出が可能になる。

4. 知識モデルとオントロジーの利用

本節では、前節で述べた知識モデルとオントロジーを利用することで、本研究の目標である、要注意仕様の抽出の際の精度の向上と、仕様変更案の生成が、どのようにして可能になると考えられるかについて述べる。

まず、3.3 節で述べたオントロジーの概念階層を用いることで、単なる語句マッチングではなく、意味レベルでの類似度の計算ができるようになる。例えば、配管の応力解析に関して、“stress analysis”と“piping”の組み合わせが過去において要注意仕様性に現れていたとする。通常、自然言語処理の手法では、“stress analysis”と“piping”という語句の共起によって要注意仕様性を抽出する。構築したオントロジーを利用することで、“analysis”(解析)の下位概念である“calculation”(計算)と、“piping”と同じ意味である“pipe”の組み合わせも要注意仕様性である可能性があることが、過去にそのような事例がなかったとしても、判断できるようになる。これにより、再現率が向上し、抽出漏れの可能性が下がることが期待できる。

さらに、3.4 節で述べた顧客要求仕様を表す計算機的知識モデルに基づくことで、語句の共起関係だけではなく、語句が表す概念の関係性に従って、要注意仕様性を抽出することができる。例えば、上述の例で、行為“stress calculation”と部品“pipe”が単に共起している全ての場合を要注意仕様性として抽出するのではなく、それらの間に“Target”という関係、つまり配管部品に対して応力解析(計算)行為が行われているという関係があるときのみを、要注意仕様性として抽出することができる。これによって、適合率の向上が期待できる。

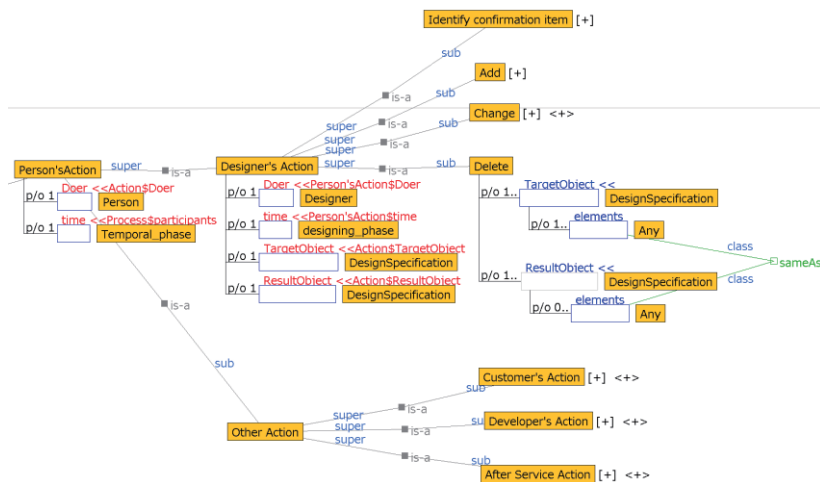


図 3 オントロジーの“Delete”行為概念の定義部分

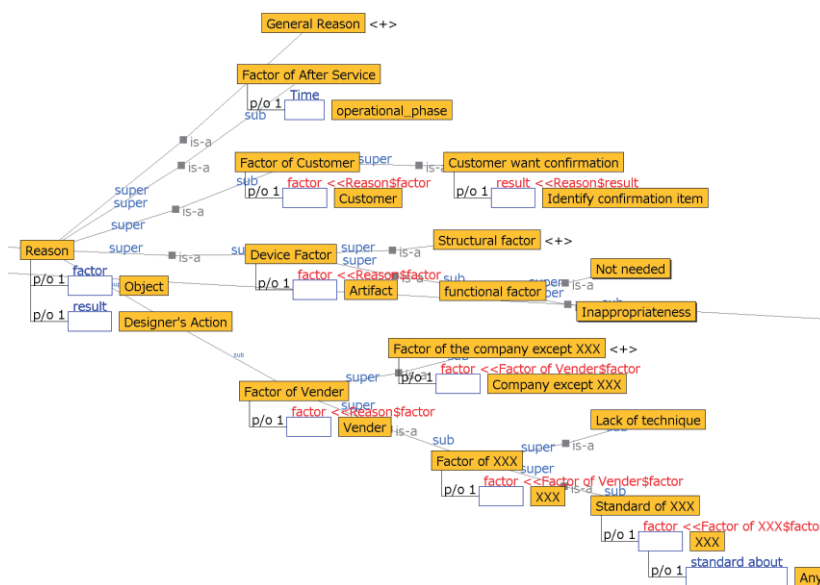


図 4 オントロジーの“Reason”概念の定義部分

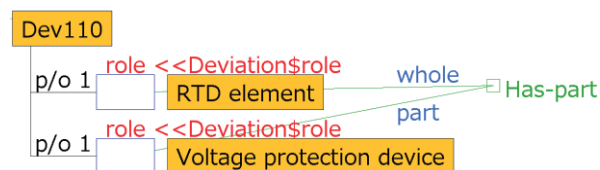


図 5 過去事例の計算機的知識モデルの記述例

さらに、要注意仕様の抽出のみでなく、変更案の示唆をできると考えられる。これは、3.2 節で述べた知識モデルの変更後の検討結果仕様の構造と、3.3 節のオントロジー、さらに今後の研究で確立していく変更パターン知識を組み合わせることによって可能になる。例えば、新規顧客要求仕様として「ソレノイドバルブを防爆仕様にしてほしい」という要求があったとする。このとき、3.3 節で述べたオントロジーを参照することで、「防爆仕様」の兄弟概念にあたる、異なる「仕様」を表す概念は類似度が高いことが分かる。その中でも特に、ソレノイドバルブと is-type の関係で結ばれているような仕様概念は、ソレノイドバルブの種類(仕様)であることが分かり、例えば、「周波数タイプ」という概念の類似度はさらに高いことが分かる。これらに基づいて、今後

確立していく予定である変更パターン知識から、変更行為 (“Action”) が「変更」 (“Change”) であり、その理由 (“Reason”) が「製造側の標準として周波数タイプを使うこととしている」 (“Standard of XXX”) であるというパターンが適用され、「ソレノイドバルブは周波数タイプのものを使う」という検討結果仕様が生成され、担当者に提案することが可能になると考える。

5. 結言

産業機械の仕様調整問題に対して有効であると考えられるアプローチの提案を述べた。得られた知識モデルとオントロジーの妥当性は、共同研究先の専門家によって確認されている。

また、知識モデルとオントロジーに基づいて要注意仕様を抽出するプログラムの開発を進めている。現在までのところ、4 節で述べた知識モデルとオントロジーの利用の仕方のうち、最初に述べたオントロジーに基づいた類似度の計算と、2 番目に述べた計算機的知識モデルに現れる概念要素の組み合わせを利用したプログラムが実装されており、実際の案件の事例データを用いて、検証実験が行われている。その結果、文章間のコサイン類似度を用いた手法と比べて、オントロジーと知識モデルの利用によって、再現率が約 2 倍に向上することが明らかになっている。例えば、4 節でも述べた配管の応力解析に関して、この実験で実際に、過去の要注意仕様事例に現れていた “piping” と “stress analysis” の組み合わせとして記述された知識モデルとオントロジーに基づいて、コサイン類似度を用いた手法では抽出できなかった、“pipe stress calculation” というフレーズを含む文章を要注意仕様として正確に抽出できた。今後、知識モデルにおける要素間の関係性なども利用するプログラムを開発することで、要注意仕様の抽出におけるオントロジーのさらなる効果の検証を進める予定である。

他の残された研究課題として、以下の2点を挙げることできる。まず、オントロジーで定義された概念の網羅性を確認する必要がある。本オントロジーは事例から構築したものではあるが、対象機器依存部分を除くと、仕様調整問題に一般的に用いることができるものであると考えられる。このことを、さらに、追加で過去の変更事例を知識源として、どの程度の概念を追加で定義する必要があるかを調べることで、確認したいと考えている。予測としては追加で定義する概念数が減少していき、また、追加する必要がある概念もオントロジーの概念階層のリーフ部分のものであることが期待される。次に、変更パターン知識を精査・確立し、システムへ組み込むことで、変更案の自動的な生成ができることを確認することが挙げられる。

参考文献

- [待井 2010] 待井君吉, 横田毅, 尾花充, 後藤仁一朗: 英文契約書評価支援システムの開発, 情報処理学会研究報告, Vol. 2010-NL-197, No. 1, 2010
- [古崎 2006] 古崎晃司, 來村徳信, 笹島宗彦, 溝口理一郎: オントロジー構築入門, オーム社, 2006.