

# 現場技術情報共有のためのオントロジーの作成と利用

## Development and Use of Ontology for Technical Information Sharing

岩爪 道昭

Michiaki Iwazume

武田 英明

Hideaki Takeda

西田豊明

Toyoaki Nishida

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

太田 衛

Mamoru Ohta

高岡 良行

Yoshiyuki Takaoka

水上 雄一

Yuuichi Mizukami

東光精機

Toko Seiki

関西電力

The Kansai Electric Power

**Abstract:** Engineers have to refer various technical information to perform their works. Recently, technical information have been accumulated electronic form as documents which contain texts, pictures and movies in enterprises. However, it needs expert knowledge to make use of these technical information. In this paper, we propose an ontology-centric framework called Intelligent Corporate Base(ICoB) which realize a technical information sharing by supporting comprehension of documents. And, we explain an prototype system for technical information sharing on repair work of trans. Furthermore, We describe development and use of ontology for technical information sharing.

## 1 はじめに

技術者・作業者は、業務を遂行する過程でさまざまな技術情報を参照する必要がある。現在、企業内の技術情報はテキスト、静止画、動画などを含むドキュメントとして電子化され、イントラネット(Intranet)上に蓄積されつつある。

しかし、これらの技術情報の利用方法は必ずしも自明ではなく、それらを業務に利用するためには、技術者の専門知識やノウハウが必要となる。特にこの問題は、担当業務全般について熟知しているベテラン技術者から、業務について全くまたはほとんど知識を持たないノービス技術者への技術情報の継承において大きな障害となる。現場技術情報の共有を実現するためには、ベテラン技術者が持っている専門知識やノウハウの継承が必要不可欠である。

我々は、ドキュメント利用者が自ら知識を構造化し、自分に必要な情報とその獲得方法を明確化する過程を支援するとともに、ベテラン技術者が持っている専門知識やノウハウを後輩のノービス技術者に継承するための知識構造化支援する ICoB:(工学的知識の体系化と共有のための知的ドキュメントベース)の研究に取り組んでいる[?]。

本研究では、ICoBの枠組に基づいて、対象に関するオントロジーを用いて、ベテラン技術者の専門知識やノウハウの継承を促進し、現場技術情報の共有を支援する TISS(現場技術情報共有システム)を提案する。TISSは、現場技術情報をドキュメントなどのメディアレベルと共に、オントロジーの形式表現レベルで扱い、現場技術者間のより深い知識レベルでの知識の体系化・蓄積・共有・継承を実現するシステムである。

また、配電用変電所の変圧器設備改修設計業務有を事例としたプロトタイプの評価から、現場技術情報共有を

知的にするためのオントロジーを構築し、その利用法について検討する。

## 2 現場技術情報の共有

### 2.1 現場技術情報共有における課題

現場技術情報共有を実現するためには、次の課題をクリアする必要がある。

1. 情報収集・整理・理解のボトルネック: 技術者が、大量の技術情報の中から必要なものをだけを収集・整理し、理解するには時間・労力を要する。

2. 情報利用者と情報提供者の分離: 情報利用者と情報提供者が完全に分離されている場合、現場で得られた情報を他の技術者のために蓄積・提供できない。

3. メンテナンスの問題: 状況や規格の変更に伴うドキュメントの追加・変更や整合性のチェックを人手だけで行うのは困難。

4. 現場でしか得られない情報の取扱い: 机上ではなく、作業現場にいる技術者が3次元的に認識してはじめて得られる情報が、すでに蓄積されている技術情報のどれに該当し、利用可能どうか判断することは難しい。

### 2.2 現場技術情報の種類

現場の技術者が利用する技術情報には、業務手順書、管理規則、ユーザマニュアル、研修用教材、設計仕様書、規格表、入門書など様々なものが存在する。ベテラン技術者は、自分の経験や知識も基づいて状況に応じてそれらの情報を使い分け、業務を遂行している。これらの技術情報は、表??のように、手順、構造、概念、事実、原則に関する5種類の基本情報に分けることができる。

表 1: 現場技術情報の種類

種類	内容
1. 手順	特定の結果を得るために実行する一連の作業に関する知識、作業に先立って行なう判断や判断の結果に基づく動作も含む。
2. 構造	物理的な対象や複数の要素に分解できる対象の、見え方や構成に関する知識。図面、現場の3次元画像なども含む。
3. 概念	用語、アイデア、抽象的な概念などの意味に関する知識。
4. 事実	現場で観測して得られるデータや過去の事例など。
5. 原則	遵守・禁止事項に関する知識、規則、方針、ガイドライン、警告、注意、通則、定理、仮定、原理、前提条件なども含む。

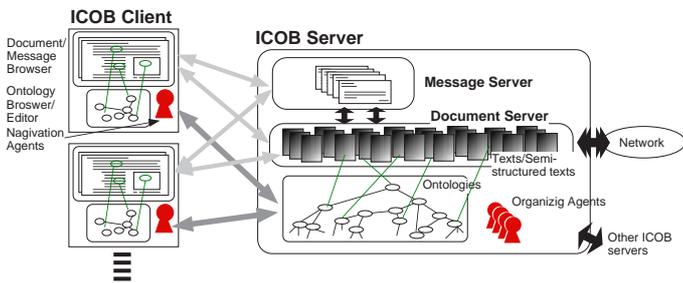


図 1: ICoB アーキテクチャ

知識の継承を円滑するためには、ノービス技術者はまず業務に関する手順を把握するとともに、ベテラン技術者が持つ対象に関する構造レベルや概念レベルでの知識を充分理解しなければならない。そして、それらに基づき、現場の状況で得られるデータなどの事実や様々な制約条件となる原則に従いながら、業務を進めることになる。

したがって、現場技術の共有では、業務の手順を示すとともに、ノービス技術者が判断や処置にとまどう事項や忘れてしまった事項を、対象の構造レベルや概念レベルでの知的支援が有効であると考えられる。

### 2.3 TISS: 現場技術情報共有システム

以上のことから、我々は、ICoBのアーキテクチャー(図??参照)に基づき、ベテラン技術者がもつ業務手順や対象に関する概念レベルや構造レベルの知識をドキュメント理解のためのオントロジーとして用意し、TISSと呼ぶオントロジーを中心としたドキュメントベースを構築するというアプローチを採用した。

2.1節で述べた課題を対応するためには、TISSは、次のような機能を必要とする。

1. ユーザや状況に応じた表示や利用方法の提供: 技術者の知識・経験や視点に応じて、技術情報を分かりやすく整理し、提示できること。クライアント、サーバーはユーザの情報組織化を支援するための分類・抽出・統合化などの機能を持つ。
2. 情報利用者と情報提供者の融合: 技術者は、共有されたオントロジーや個人用オントロジーを用いることでドキュメントやメッセージの検索や提出し、業務によって得た知識を他の技術と共有することができる。
3. メンテナンスの支援: 規格の変更に伴う技術情報の変更など、システムのメンテナンスが容易に行なえること。サーバーは共有オントロジーや個人用オントロジーからな

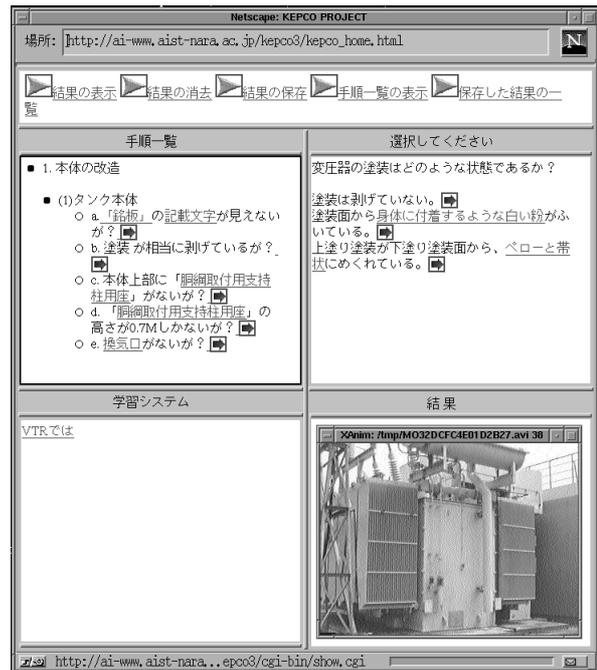


図 2: プロトタイプシステム

るオントロジーライブラリーを用いて、技術者が作成したドキュメントや各ユーザからのメッセージを組織化し、メンテナンスを支援する。サーバーは、このとき共有オントロジーと他の個人用オントロジーを参照・比較することにより、オントロジーの拡張・変更も行なう。

## 3 例: 変圧器設備改修業務の支援

### 3.1 問題設定

我々は、配電用変電所における変圧器設備改修設計業務を例題に現場技術情報共有化の方法について検討した。この事例では、新規担当の改修設計者が、変圧器の改修設計を実施する際に、変圧器のどの部分が、どのような状態のときに、どう改修すればよいかが迷いやすい事項・内容について判断の支援を行なうことが主要な課題となる。

### 3.2 プロトタイプ

我々はまず、変圧器設備改修設計業務のための技術情報として、ベテラン技術者が作成した、A4約80ページの専門知識をHTML形式し、ドキュメントベースを作成した。専門知識は、改修項目(大項目14、中項目約61、小項目約140)とそれに対応する判断フローおよび対策が記述されている。さらに、ユーザの概念レベルでの理解を支援するために、参考資料(現場技術マニュアル、用品規格、静止画像・動画)をドキュメントベース化し、ドキュメント内の専門用語から相互参照がきるようになっていく(図??)。

プロトタイプは、2.3節で述べたTISSの要求仕様を部分的に満たしている。現状では、ユーザは、選択メニューによって改修項目の抽出を選択し、改修検討のフローに従い、対策を検討し、検討結果の表示、初期化、保存などが行なえる。また、学習システムでは、ドキュメント中にマークアップされた専門用語から、資料(マニュアル、静止画、動画)の検索・表示が可能である。プロトタイプの詳細については、文献[?]、[?]を参照されたい。

このプロトタイプは、実用のための必要最低限の機能

表 2: 変圧器の改修設計行為に関するオントロジー

改修設計行為に関する知識の種類	専門家が用いる語彙知識
1. 改修行為に関するメタな知識	「計画を見直す」、「～を使いきる」、「～を改修しない」、「現況のままとする」、「～を止める」、「～を発注する」、「～を手配する」、「～を充当する」
2. 対象の位置・構造の変化に関わる操作	「～を移設する」、「～を設置する」、「～を設置しない」、「～を取付ける」、「～を取り外す」、「～を溶接で継ぎ足す」、「～を引きおろす」、「～構造にする」、「～を取替える」、「～を取替えない」、「～を交換する」、「～を変更する」、「～を変える」、「新たな電線にする」
3. 対象の位置・構造の変化に関わる操作	「～を(補修)塗装する」、「～を塗る」、「～を施す」、「グリス・アップする」、「を洗う」、「～に注水する」、「～を取り除く」、「～を拭き落とす」、「～を貼る」、「～を減らす」、「～を刻印する」

表 3: 変圧器の症状に関するオントロジー

症状に関する知識の種類	専門家が用いる語彙知識
1. 対象の可視性	「～が見えない」、「～が見にくい」、「～を目視確認ができない」
2. 対象の有無	「～がある」、「～が無い」、「～が設置されていない」、「～が要る」
3. 対象の変化・変質	「～が変色している」、「～が生じている」、「～が硬化している」、「～から油漏れしている」、「～から油がにじんでいる」、「～が欠陥している」、「～は(を)どうする」、「が(で)汚れているが」、「～になっている」、「～が剥けている」、「～の恐れがある」、「～してある」
4. 対象の位置・距離	「～の方向を向いている」、「～の裏側になる」、「～の高さにない」、「～の絶遠距離(は良いか)」、「～へ通れない」、「～から外れている」、「～がずれている」
5. 対象の形式・型番	「～型になっている」、「～式であるが」、「～に適合しない」、「～と違う」、「～が使用されている」、「～でない」
6. 対象の量	「～が高い」、「～が低い」、「～を満足しない」、「～が不足している」、「～が足りない」、「～が多い」、「～の値が悪い」、「～に近い」
7. 対象からの音	「～から異音がする」

を満たしていることが、ベテラン技術者による評価で明らかになっている。しかし、変圧器の構造や改修における各部品の関係についての知識が乏しいノービス技術者の場合、ある部品の改修が他のどんな部品の改修に関係しているのか把握することはできない。次章では、改修設計に関してより深い知識レベルでの知識共有・継承を実現するためのオントロジーの構築・利用法について検討する。

#### 4 現場技術共有のためのオントロジーの構築

現場技術情報におけるオントロジーの役割は、(1) ベテラン改修設計者が持つ深いレベルの設計知識を明示に記述し、後輩技術と共有・継承を図るとともに、(2) 現場でしか得られない情報と過去にドキュメントとして蓄積されている情報の橋渡しをする、ことである。

オントロジーの構築では、記述する知識の粒度が問題となる。例えば、変圧器場合の詳細な設計図面からオントロジーを作成した場合、そこには改修設計には重要でない箇所まで記述されているため、ノービス技術者には詳しく、変圧器のどの部分が改修に重要なかわかりにくくなる。一方、単純化されすぎたモデルをもとに作成したオントロジーの場合、現場での業務には役に立たない。

そこで、専門家が作成したドキュメントに含まれているから変圧器の構造に関する知識、変圧器の症状に関する知識、改修設計行為に関する知識をそれぞれ抽出し、それらの知識を相互に利用することによって、ノービス技術者の改修設計を支援する方法を試みる。

##### 4.1 対象の構造に関するオントロジー

ベテラン技術者の改修設計知識をノービス技術者に継承していくためには、対象の構造に関するオントロジーが必要不可欠である。

変圧器の構造に関するオントロジーは、改修の検討対象となる部品名、プロトタイプの説明システムで用いられている変圧器の専門用語(ベテラン技術者が選定)、さらに検討フローおよび改修対策案から抽出した用語など合計約180の基本語彙から構築した。

オントロジーは、変圧器の構造的属性に関するものとして、概念名、類義語、サブ概念、属性名、コンポーネント、接続関係について、Ontolinguaなどのオントロジー表現言語と相互変換可能なフレーム形式で記述している。

##### 4.2 改修行為に関するオントロジー

ベテラン技術者が作成したドキュメントでは、約40種類の対策行為に表現する動詞が用いられている(表??参照)。これらの対策は、大別すると(1)改修行為に関するメタ知識、(2)対象の構造的属性や位置的属性を操作するための知識、(3)対象の表面や内部状態など構造的属性や位置的属性の変化を伴わない操作に関する知識、に大別することができる。改修行為に関するオントロジーでは、対策名、状況名、説明、動画、写真、といった属性が記述されている。説明は、その対策の補足説明するためのドキュメントを収納するための属性である。また、形式化された語彙(動詞)と現場のメディアレベルとの情報を対応付けるために、動画や写真といった属性も用意している。

##### 4.3 対象の症状に関するオントロジー

ベテラン技術者が改修設計にあたり対象(変圧器)のどの部分に着目し、どのような状態を検討すべき事項としてとらえているかを客観的に把握するために、対象の症状に関するオントロジーを作成した(表??参照)。オントロジーは、ベテラン技術者が作成した改修設計に関する検討項目の中から対象の症状・状態を表現する語彙を抽出・整理して作成した。変圧器の改修設計の場合、検討

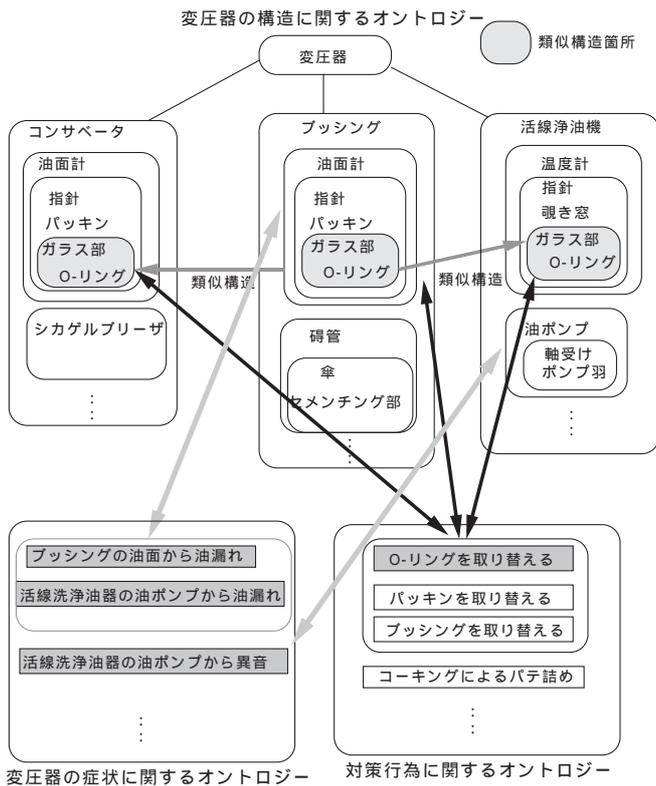


図 3: オントロジーによる知的検索

の対象となる症状(約 140 項目)は、視覚的に捕えられる情報、聴覚的に捕えられる情報に大別できる。さらに、視覚的に捕えられる情報は、対象の 1. 可視性, 2. 有無, 3. 変化・変質, 4. 位置・距離, 5. 形式・型番, 6. 量に分けて扱うことができる。

対象の症状に関するオントロジーの場合も、改修行為とどのように 状況名, 対策名の他に 説明, 動画, 写真, 音声といったメディアレベルの属性を持っている。

## 5 オントロジーに知的支援

ここでは、前章で記述した変圧器の構造、症状、改修設計行為に関する 3 種類のオントロジーを相互に利用し、現場情報共有の知的支援方法について述べる。

### 5.1 類似構造の利用

変圧器には、異なる目的や機能をもつ部品間でも同一もしくは類似の構造や原理をもつ部品が存在する。例えば、配電用変圧器の場合、ブッシング内の油面計と活線浄油機と温度計には、ガラス部と O-リングが存在する(図 3 参照)。このように類似の構造を持つ部品では、たとえその部品の目的・機能・形・大きさなどが異なっても、類似した症状が現れ、それに対するベテラン技術者の改修判断・行為も類似している場合が多いことが、今回のオントロジーの分析・構築で明らかになっている。例えば、「ブッシング内の油面計に油漏れ」が生じた場合、その漏れがガラス部からであれば、「O-リングを取り替える」という対策をとる。一方、活線浄油機と温度計で油漏れが生じた場合も、その漏れがガラス部からであれば、同様の対策をとる。

これは、変圧器内の同一もしくは類似構造を持つ部品に着目することで、その部品に発生する症状とそれに対する判

断・対策をグループ化し、専門家の持つ知識をより深いレベルで取扱うことが可能であることを示している。以下では、変圧器の類似構造を利用した、変圧器の症状別の検索、改修行為からの検索について述べる。

### 5.2 症状・対策からの検索

症状に関するオントロジーを用いて検索することで、「活線浄油機の温度計」以外にも「コンサベータの油面計」、「ラジエータのフィン」、「変圧器本体とラジエータ管の仕切り弁」、「ガス検出リレーのガス確認ゲージ」、「送油循環の油ポンプ」などで「油漏れ」の可能性があることが容易に把握することができる。

しかし、同一の症状の場合でも、その部品が持つ構造によって対策は異なってくる。例えば、「変圧器本体とラジエータ管の仕切り弁」は「ガラス部」を持たず、「O-リングを取り替える」という対策は存在しない。そこで、「油漏れ」をする部品の中から類似構造を持つ部品群を推定し、その中から類似の対策をもつ対策や関連するドキュメントを検索するという手法をとった。類似構造の推定は、各部品のコンポーネント属性の中で一致する部品の数に基づいて行っている。上記の例の場合、「ブッシングの油面計から油漏れ」と同様の処置を行う部品として「コンサベータの油面計」、「ガス検出リレーのガス確認ゲージ」が類似構造、類似対策を行う部品として検索される。症状別の検索と同様に、類似構造を用いることで、対策から類似の症状を検索も可能である。

## 6 まとめ

本研究では、ICoB の枠組に基づいて、対象に関するオントロジーを用いて、ベテラン技術者の専門知識やノウハウの継承を促進し、現場技術情報の共有を支援する TISS (現場技術情報共有システム) を提案した。TISS は、現場技術情報をドキュメントなどのメディアレベルと共に、オントロジーの形式表現レベルで扱い、現場技術者間のより深い知識レベルでの知識の体系化・蓄積・共有・継承を実現するシステムである。

また、配電用変電所の変圧器設備改修設計業務有を事例としたプロトタイプの評価から、現場技術情報共有を知的にするためのオントロジーを構築し、その利用法について検討した。

現在、プロトタイプの実用性を現場で評価を行うための、知識の拡充とインターフェースの改良を行っている。また、知識の組織化の支援や検索のためのオントロジーの実装の実装・評価に取り組んでいる。

## 7 謝辞

改修設計に関する専門知識を提供およびプロトタイプシステムの評価をいただいた東光精機の尾田順二氏に深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 西田 豊明, 武田 英明: “知識コミュニティプロジェクト (第 4 報) - 統合的知識環境を目指して -”, 第 11 回人工知能学会全国大会, 16-04, 1997
- [2] 岩爪 道昭, 武田 英明, 西田 豊明, 太田 衛, 高岡 良行, 水上 雄一: 現場技術情報共有の知的支援 第 54 回情報処理学会全国大会論文集 (3), 1997
- [3] 太田 衛, 高岡 良行, 岩爪 道昭, 武田 英明, 西田 豊明, 水上 雄一: “イントラネットによる現場技術情報共有化システム”, 平成 9 年電気学会全国大会, 1997