

業務知識の組織的蓄積・活用を支援するオントロジーに対する一考察

A consideration of ontology that supports organized business knowledge accumulation and retrieval

岩間貴史, 立花浩, 山崎浩志, 岡部雅夫[†], 黒川利明[‡]
小林圭堂, 加藤美穂, 吉岡亜紀子, 山口高平^{††}

Iwama Takashi, Tachibana Hiroshi, Yamazaki Hiroshi, Okabe Masao[†] Kurokawa Toshiaki^{††}
Kobayashi Keido, Kato Miho, Yoshioka Akiko, Yamaguchi Takahira^{††}

[†]東京電力株式会社, [‡]株式会社CSKホールディングス, ^{††}慶應義塾大学
[†]Tokyo Electric Power Company, [‡]CSK HOLDINGS, ^{††}Keio University

要旨

業務のシステム化・自動化の進展により、逆に、1人の担当者がカバーしなければならない業務範囲は拡大し、求められる業務知識の量も膨大になってきている。本稿では、仮説として、膨大な量の業務知識を組織的に蓄積し、誰もが容易に習得できることを支援する粗粒度のオントロジーと、コンピュータによる的確な情報の検索を可能にする細粒度のオントロジーを提案すると共に、業務知識のオントロジー化に直接的なメリットをもたらすためのエキスパート・システムの要素、ならびに、それがもたらす知識統合支援の可能性についても言及する。

1. はじめに

暗黙知を含む知識を組織で共有するためには、現在普及している情報技術だけでは不十分であり、人工知能技術のような高度情報技術の必要性が、さまざまな視点から指摘され、その一環として、知識マネジメントへのオントロジーの適用が進んでいる[1]。そのような状況の中、筆者たちは、現在、オントロジーを活用して水力発電所の現場技術・技能の組織的蓄積・継承を目指す研究プロジェクトを試行している[2][3]。一口に技術・技能の継承といっても、継承されるべき技術・技能は様々であり、組織的蓄積の方法は、その技術・技能に応じて考える必要がある。実際、水力発電所における現場技術・技能は、一言で言えば、発電と設備の保全のためのものに集約されるが、その内容は具体的には非常に多岐にわたる[4]。さらに、そこには、「匠的熟練」が求められる領域と「知的熟練」が求められる領域が混在している。本研究プロジェクトにおいては、水力発電所現場における現場技術・技能のうち、「知的熟練」の領域にしばって、オントロジーによる組織的蓄積のサポートを試行している。本稿では、現在試行中の本研究プロジェクトを踏まえ、より一般的に、組織的な「知的熟練」のためのオントロジーのサポートについての仮説を提示する。

2. 知的熟練について

製造現場における熟練には、大きく、「匠的熟練」と「知的熟練」ないし「問題発見・解決型熟練」があるとされる[5]。「匠的熟練」が、例えば、旋盤でミクロン単位の精度を出す等の熟練であるのに対し、「知的熟練」は、例えば、組立職場において、職場内のほとんどの職務をこなせ、品質不具合の原因を究明でき、生産設備の不具合も簡単なものであれば、保全部門に依頼せずにある程度は自分で処理できるような熟練のことである。[6]によれば、作業手順の標準化が図られている組立職場においても、標準化されているのは「ふだんの作業」にすぎず、ラインでの思わざる問題の解決がきわめて重要であり、そのため高い生産性を得るには、全体の6割が「知的熟練」技能者であることが一つの要件とされる。また、[5]によれば、製品や生産システムの高度化・複雑化・微細化に伴い、「匠的熟練」は加速度的にデジタル化されていく一方で、それらに関して統合的な知識を獲得し得た、未知の問題解決に秀でた「知的熟練」技能者の存在がますます重要になっているとされる。

一方、水力発電の現場は、大きく発電業務と保全業務からなるが、求められ熟練には、やはり「匠的熟練」と「知的熟練」があることは、製造現場と変わらない。例えば、[4]に紹介されている水車の分解点検後の主軸のセンタリング等は、保全業務において「匠的熟練」が必要とされる典型的な例であろう。一方、発電業務においては、大正時代の小規模発電所から最新鋭の大規模な揚水発電所までの多様な複数の発電設備を遠隔無人運転すると同時に、適切な設備の保全作業のための停止計画の立案、各保全作業のための停止手順の作成等も担っていて、1人の担当者がカバーしなければならない業務範囲は広範で、様々な局面での幅広い知識が必要とされ、「知的熟練」が求められる。しかも、すでに、高度な自動化・無人化が進み、3名の当直体制に代表されるように極めて少人数の体制になっているため、世代による熟練度の差はあるにしても、最終的には、すべての者が「知的熟練」技能者になることが求められている[2]。

3. 業務の熟練レベル

本研究プロジェクトにおいては、発電業務において「知的熟練」の求められる典型的な業務として、水力発電関係のある事業所での停止調整業務をモデルケースとして、オントロジーによる業務知識の組織的蓄積・活用の支援に取り組んでいる[3]。停止調整業務とは、その事業所が管轄している複数の発電所の保全作業のための停止スケジュールを、様々な条件を考慮しつつ、作成するものである。これは発電業務の一環として実施されるが、考慮すべき条件は、供給力の確保のみならず、作業安全の確保、設備構造上の制約、気象上の制約、農漁業・観光等の地域産業との共生等様々であり、発電業務に直接関連した知識にとどまらない幅広い知識が必要とされ、「知的熟練」の求められる業務である。ここでは、この停止調整業務を念頭に置きつつ、より一般化して、このような「知的熟練」を要する業務に対する熟練レベルについて考えてみたい。

第1段階は、全く経験のない者がこの業務を担務することになった場合である。その場合、まず、求められるのは、当該業務の基本的な業務手順である。幸い、最近では、業務マニュアルの整備も進み、このような内容については、いわゆる業務フロー図のようなものとともに、業務マニュアルとして整備されていることも多い。そこには、業務をより細かな業務ステップといった単位にブレークダウンし、業務ステップ単位に、いつまでに、何を作成し、誰の承認を得るかといったことが記載されている。ただし、停止調整業務のように様々な状況に応じて様々なことを考慮しなければならない業務においては、各業務ステップにおいて何をどうすれば実施できるかまでは記述されていない。従って、実際の業務においては、前任者、先輩社員等から直接指導を受けつつOJTにより業務を遂行する必要がある、属人性は排除できない。

第2段階になると、基本的な業務手順を元に、各業務ステップにおいて、業務の遂行に必要な情報を自分で集めることが可能になる。これには、必要な図面等を参照する等の他に、過去の事例の参照や、状況に応じ必要な業務知識を持った人を自ら判別して必要な情報を得る等がある。この段階で、様々な局面に応じて自ら集めた業務知識が経験と共に積み上げられていくが、「知的熟練」の達成のためには、この段階において、直接的に必要とされる知識だけでなく、関連する業務知識を含め、いかに幅広くかつ深く習得するかが重要である。更に、「知的熟練」の達成には、習得した業務知識を統合化し、活用できる素養を身につけることも必要である。

第2段階で、様々な業務知識の取得し、また、それらを統合的に活用できるようになれば、一応、「知的熟練」のレベルに達すると考えられる。ただし、いかに「知的熟練」に達しようとも、必要な情報の参照なしに、業務遂行できることにはならない。公式的な情報として、図面等の参照は必須であるし、その他にも、過去の同種の事例からの情報の参照等は必要になることが多い。これは、多種多様な設備を扱い、膨大な情報を必要とする水力発電現場においては必要不可欠のことである。このような場合、「知的熟練」技能者は、一般的には、どんな情報を参照したいのかは、本人の頭の中では、特定できている。ただし、どうすればその情報に実際にアクセスできるのかまでは、必ずしも、把握していない。このような段階を第3段階と呼ぶことにする。

4. オントロジーによる技術・技能の組織的蓄積の支援

上記のような業務知識の熟練レベルに応じて、その熟練を、属人的でなく、組織的に共有させることへのオントロジーの活用を考えてみる。

オントロジーの最も現実的な活用方法の一つは、情報の検索における、語彙ベースの全文検索を超えた意味的な検索への適用であろう。その典型的な例としては、現在 SPIA フォーラムで開発されている「情報家電オントロジー」がある[7]。情報家電は様々なメーカーの製品が接続されるという特質ゆえ、特に異なるメーカーの機器の接続に関する情報を効率的に提供する仕組みが求められている。例えば、機器 A と機器 B に関する接続情報が必要な場合、単に、A, B という語彙レベルの検索ではなく、「A と B が接続されている状態について述べた文書」といった検索を効率的に行える必要がある。そこでオントロジー記述言語である OWL を用いて「接続」を表す語彙およびその記述を標準化することにより、従来の全文検索よりも確かな検索ができるようにしようというものである。また、「機器 A」から、そこに「接続」される「機器 B」の情報を的確に取得するといったナビゲーション的な活用も考えられる。

このような意味では、前節の「知的熟練」の第 2 段階において、必要な知識を、関連するより幅広い知識、より深い知識を含めて習得するうえで、オントロジーを活用することが考えられる。具体的には、基本的な業務知識は業務フロー図等からリンクされるとして、その基本的な業務知識から関連知識へナビゲーションにオントロジーを活用することにより、「知的熟練」レベルの向上をサポートできる。情報家電オントロジーにおいて「機器 A」から「接続」を通じて「機器 B」がナビゲートされるのと同じ理屈である。ただし、ここで意味的な検索の対象となる概念は、「機器 A」、「機器 B」、「接続」といった語彙に対応する細粒度で概念ではない。本研究プロジェクトで実際に試行している停止調整業務では、業務知識は自然言語で 100 から 200 文字程度の個別の業務ルールに分割、整理されている。ただし、それ以上、分割すると人間にとっては業務的な意味を持たないものになってしまう。そのため、ここでは、概念ないしそのインスタンスの粒度は、通常の「機器 A」「機器 B」といったものではなく、人間にとって業務的な意味をなすこの業務ルールとなる。「接続」といったものに対応する業務ルール間の関係に関しては、現在、人間の理解をサポートするという観点から検討中であるが、例えば、直接的に利用される「浅い知識」とその正当性を示す「深い知識」の関係が典型的な例である。詳細は[3]を参照されたい。

次に、「知的熟練」の第 3 段階に対するサポートを考える。この段階の「知的熟練」技能者は、自分の頭の中では必要な情報は特定できているので、「知的熟練」の向上へのサポートというよりも、その情報へのアクセス方法の提供が一義的である。その意味では、逆に、情報家電オントロジーと同様の細粒度でのオントロジーによる意味的な検索が有効であると考えられる。ただし、多種多様な発電所に関する膨大な情報を必要とする水力発電所関係の業務の場合、情報家電オントロジーと比較して、情報の量に対する多様性の度合いが格段に高く、意味的な検索を可能にするためのオントロジーの構築は、標準化すべき語彙の数が膨大で、その整備コストに比較してメリットを生み得るかは今後の検証が必要と思われる。概念のハイエラキおよび概念に対する語彙の揺れを吸収する程度のオントロジーにより、揺れを吸収した語彙での概念の拡大・縮小を伴った全文検索程度が現実的な解かもしれない。

いずれにしても、人間の知識習得を支援するための粗粒度のオントロジーとコンピュータによる的確な検索のための細粒度のオントロジーが必要であるが、この粗粒度のオントロジーと細粒度のオントロジーという考えは[8]による。また、人間の知識習得を支援するためのオントロジーは、単に粗粒度であるだけでなく、[9]の組織間コミュニケーションのためのオントロジーと同様に、より人間的側面の考慮が必要であろう。

5. エキスパート・システムの要素の有効性

この様なオントロジーで最も問題となるのは、[1]に指摘される通り、オントロジーの「表出化」コストである。例えば、[10]では、暗黙知と形式知が相互に変換されることにより、新たな組織の知が創造

されていくといういわゆる SECI モデルが提唱されているが、このモデルが目的としているのは、[10]の「知識創造企業」というタイトルやそこに挙げられている製品開発等の事例からも分かるように、組織としての知識の創造である。知識の創造が目的である以上、そのための「表出化」コストは、正当化されやすい。また、[1]に挙げられている Process Handbook や SCOR での事例も、ビジネスプロセスやサービスの新たな創出や改善を目的として、そのための表出化であり、納得感が得られやすい。

これに対して、業務知識の組織的蓄積・活用の場合、これまでの属人的にはなされていたものを、技術・技能の継承のために、組織的共有化しようとするものであり、その担い手は、日常業務の遂行という本来も責務に加えて、組織的共有化のための業務知識の「表出化」が求められる。これは、業務の遂行が本来の責務である者に対しては、新たに付け加わる業務であり、納得感は得られにくい。

業務知識のオントロジーとしての「表出化」コストに対する納得感を得るためには、その担い手にも直接的なメリットを生む必要がある。そのため、本研究プロジェクトにおいては、停止調整業務の各業務ルールの内、直接的に、スケジュール作成に使われる浅い知識を Prolog に落とし、停止スケジュール案を自動作成することを試みている[3]。その検討の中で、この様なエキスパート・システムの要素は、単に業務の自動化という直接的なメリットを生むだけではなく、人間系での業務実施と並列・比較させることにより、「知的熟練」の達成のために必要なもう一つの要素である知識の統合化能力の獲得の支援にもなる可能性を感じている。一方で、人間が理解する上での適切な粒度と Prolog にルールとして実装する上での粒度との間に微妙な差もあり、この差を埋めるためにも、粒度の異なるオントロジーが必要になるかもしれない。

6. 今後の課題

本稿では、現在試行中の研究プロジェクトのあくまで現状に基づいた仮説を述べた。その仮説は、大きくは、業務知識の組織的蓄積において、人間の知識習得を支援するための粗粒度のオントロジーおよび的確な情報の検索を可能にする細粒度のオントロジーの有効性、オントロジーの構築に対して直接的なメリットを生むためのエキスパート・システムの要素の知識統合という側面での有効性である。今後は、より実証的に評価をしていくと共に、その実証的な評価を通じて、粗粒度のオントロジーの具体的な粒度、エキスパート・システムがそのルールのメンテナンス負荷を乗り越えられるための具体的な要件等を含めて、まとめていきたい。

参考文献

- [1] 山口高平, “知識マネジメントと AI 技術”, 人工知能学会誌 Vol.22, No.4, 2007/7, pp.461-466
- [2] 岡部雅夫, “オントロジーによる技術・技能の組織的蓄積のサポートについて”, 第2回情報システム学会研究発表大会, 2006年12月
- [3] 吉岡亜紀子, 大平昌弘 et al. “オントロジーによる知識継承とスケジュールリングの支援”, 第21回人工知能学会全国大会, 2007年6月
- [4] 柳澤雅彦, “水力発電所の現場技術・技能継承を IT の活用により組織的に展開する取り組み”, 人工知能学会誌 Vol.22, No.4, 2007/7, pp.491-500
- [5] 中馬宏之, “もの造り現場における問題発見・解決型熟練—二極分化傾向の背景”, 日本労働研究雑誌, 2002年特別号(No.510)
- [6] 小池和男, 中馬宏之, 太田聡一, もの造りの技能, 東洋経済新報社, 2001
- [7] 森田幸伯, et al. “情報家電オントロジー構築に向けた取り組み”, 人工知能学会 第14回セマンティックウェブとオントロジー研究会, 2006年11月
- [8] 橋田浩一, “オントロジーと制約に基づくセマンティックプラットフォーム”, 人工知能学会誌 Vol.21, No.6, 2006/11, pp.712-717
- [9] 黒川利明, “組織を越えたコミュニケーションのためのオントロジー技術”, 科学技術動向2007年4月, No.73, pp.7-15.
- [10] 野中郁次郎, 竹内弘高, 知識創造企業, 東洋経済新報社, 1996.