

# オントロジーによる知識継承とスケジューリングの支援 Supporting Knowledge Transfer and Scheduling task with Ontologies

吉岡 亜紀子<sup>\*1</sup> 大平昌弘<sup>\*1</sup> 飯島正<sup>\*1</sup> 山口高平<sup>\*1</sup>  
Yoshioka Akiko Ohira Masahiro Iijima Tadashi Yamaguchi Takahira

山崎浩志<sup>\*2</sup> 柳澤雅彦<sup>\*2</sup> 岡部雅夫<sup>\*2</sup>  
Yamazaki Hiroshi Yanagisawa Masahiko Okabe Masao

<sup>\*1</sup> 慶應義塾大学  
Keio University

<sup>\*2</sup> 東京電力  
Tokyo Electric Power Company

Conventional knowledge management systems are just for document sharing but not for knowledge transfer. In order to support knowledge transfer in OJT, we propose the following three facilities; ontologies, rule dependency graph, scheduling engine. This paper focuses on just analysis and design of these systems.

## 1. はじめに

多くの企業では、職場の先輩の指導の下で実際の仕事をさせながら技術を伝える OJT (On the Job Training) が行われているが、指導者に大きなコストをかけるのに見合った効果が上がっていない。

その解決策として、企業内の知識共有によって生産性の向上を図ることを目的としたナレッジマネジメントが注目されている。しかし、現在のナレッジマネジメントは社内の文書管理や情報共有に留まっており、OJT の目的である知識や技術を伝達するプロセスそのものを支援する機能が実現していない。

本稿では、OJT において継承されるべき知識を分析し、その結果をオントロジーとルール依存関係を通して体系化することで、知識継承を支援できる可能性を検討する。

## 2. システム設計

提案するシステムの全体図を以下の図 1 に示す。

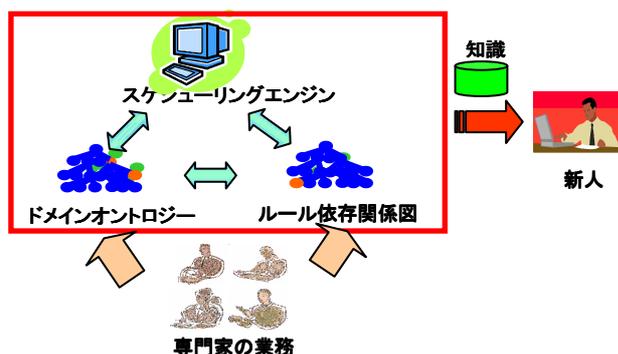


図1 システム設計

知識継承支援システム構築を最終目標とし、

- ドメインオントロジー構築  
新人(業務の初心者)が理解できない専門用語の意味を提供
- ビジネスルール依存関係視覚化  
タスクを直接処理するルール(浅い知識)と浅いルールの正当性を示すルール(深い知識)の関係を示し、ルールが適用される理由、ルールを適用するノウハウを提供

連絡先: 慶應義塾大学理工学研究科, 〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1 矢上キャンパス 24-619A

- スケジューリングシステム

OJT、業務そのものの効率化

この 3 つのシステムを連携させることによる効率的な知識継承の可能性を検討する。

## 3. モデルケースの概要

具体的には、東京電力・A 総合制御所での停止調整業務を 1 つのモデルケースとして、知識継承の問題に取り組んでいる。

A 総合制御所は 10 発電所の運転および保安を行っており、これらの発電所の保安のための停止作業のスケジュールを調整し、作成するのが停止調整業務である。そのスケジュールは様々なビジネスルールに従って作られている。今回はその中で、発電所ごとの各発電機の点検を年度レベルの粗い停止計画(星取り表)から、日程レベルの詳細なスケジュール(中期主要停止作業計画)を作成する業務を対象とした。図 2 に業務の概要を示す。

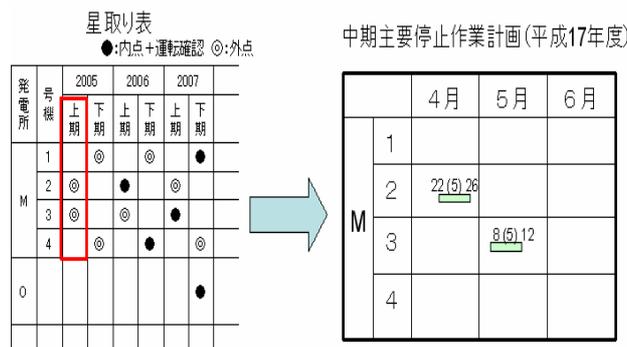


図2 停止調整業務の概要

### 3.1 知識獲得(対象業務の理解、分析)

学生が業務を体験し、専門家の助言を得ながら、疑問点を解決することにより、停止調整業務に関する知識を獲得していった。知識獲得の流れを示す。

- ①ルール獲得  
大量の情報が体系化されておらず、時間を要した。
- ②スケジュール開発・内省  
ルールを適用する場面を理解、業務を行う実感がつかめた。内省を行うことで、新たな疑問点の獲得。
- ③専門家にインタビュー

ある程度基本部分を理解していたことで、効率的に知識を獲得できた。

④ ルールの類型化

5.1 で詳細を示す。

ここまでで、約 4 ヶ月の時間を費やした。停止調整業務というタスク領域について何も背景知識を知らないところから、用語や大まかな業務の仕方を理解することの困難さを体験し、現在新人への継承に長い期間を要していることを実感できた。

情報の体系化、ルールを適用する場面の明示化の必要性が明らかになった。

4. ドメインオントロジー構築

停止調整業務の専門用語の意味を提供するために必要なオントロジーとして

- プロセスオントロジー (作業オントロジー)  
停止作業の種類、“点検する”等ダイナミックなものを示したオントロジー
- オブジェクトオントロジー (設備オントロジー)  
発電所、発電機等スタティックなものを示したオントロジー
- コモンオントロジー (単位、時区間、組織、電力量、放流オントロジー)

作業、設備のどちらにも属さない共通的な概念

という 3 つのオントロジーを構築した。全てのオントロジーあわせて概念数 86、属性数 33 という規模になった。以下に主なオントロジーである作業オントロジーと設備オントロジーについて述べる。

4.1 語彙の抽出

専門家からの講義内容や過去の停止計画表などのドキュメント、専門家にインタビューした結果得た情報から、語彙を全て手作業で抽出した。その語彙をもとにオントロジーを構築していった。

4.2 作業オントロジーの洗練過程

オントロジー開発初期の作業オントロジーを以下図 3 に示す。

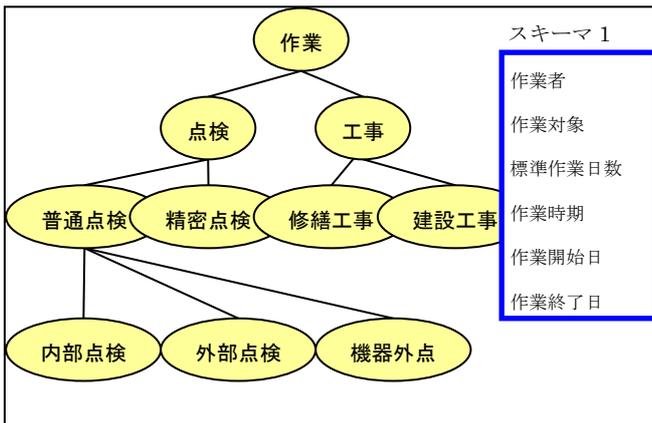


図 3 初期作業オントロジー

図 3 は、専門家から作業の概念に対して説明を受け、それに従い構築したオントロジーである。スキーマ (概念の持つ属性) としては作業をする人を示す作業業者、作業する対象を示す作業対象、タイムリソースとして、標準作業日数・作業時期・作業開始日・作業終了日を記述した。

この図はスキーマ 1 を弁別属性として考えず、作業内容により細分化されているため、作業を一般的に理解する上では分か

りやすいが、停止調整業務を実際に行う上では有用ではない部分があり、スキーマ 1 として挙げた属性もまだ不十分であった。最終的に構築した作業オントロジーを以下図 4 に示す。

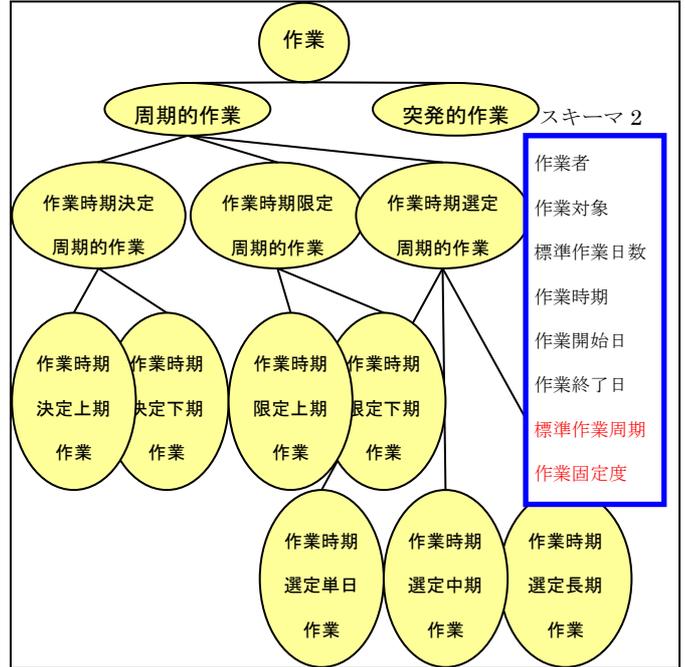


図 4 最終作業オントロジー

図 4 は作業の記述属性値によって概念を分類し、かつ“停止調整業務”というタスクをモデル化するという目的を意識し構築した概念階層である。概念の分類方針として、新たにタイムリソースのスキーマとして追加した“標準作業周期”と“作業固定度”を弁別属性とし、分類を行った。

まず作業を周期的に行われるかどうかを“標準作業周期”により、“周期的作業”と“突発的作業”に分けている。

次に作業時期が限定されるかどうかを“作業固定度”により、“作業時期決定周期的作業”、“作業時期限定周期的作業”、“作業時期選定周期的作業”という 3 つに分けた。ここで、“作業時期決定周期的作業”とは、毎年ほぼ同じ日程で“決めうち”的にスケジュールリングできるもの、“作業時期限定周期的作業”とは、毎年大体同じ時期で 2~3 週間程度の幅の中でスケジュールリングできるもの、“作業時期選定周期的作業”とは、一番作業時期の固定度が低いもので点検周期などにより 1 ヶ月くらいの幅の中でスケジュールリングできるものとした。

“作業時期決定周期的作業”と“作業時期限定周期的作業”については、その時期が上期か下期かによりさらに分類している。“作業時期選定周期的作業”はその下の概念として、“作業日数”という属性に注目し、1 日で終わる作業を“作業時期選定単日作業”、2 日~2 週間くらいで終わる作業を“作業時期選定中期作業”、それ以上を“作業時期選定長期作業”として定義した。これら 7 つのリーフに当たる概念のインスタンスとして、各点検の名称が入り、その点検がどのような作業なのかを示すことができ、専門用語の意味の提供につながる。

また、スケジュールリングする際、周期的な作業に対して、作業時期の制約の強いものからスケジュールリングをしていき、作業時期の制約が弱い作業については、作業日数が長いものからスケジュールリングしていくと考えることができ、そのスケジュールリング順序、スケジュールリングの仕方もこのオントロジーの分類で表すことができた。

この作業オントロジーに対する専門家の評価は、明示的にこの様な観点で作業を整理すると、新人にも分かりやすく良いかもしれないというコメントを頂いた。専門家は自然に覚えてきた知識を既に当たり前のこととして認識しているため、スケジューリングの際無意識のうちに頭の中で作業を分けている。今回構築した最終作業オントロジーでは、作業を“周期的作業”→“作業時期決定周期的作業”→“作業時期決定上期作業”等、概念を細分化し明示化することにより、今まで専門家の頭の中に存在した暗黙知を形式知へ表出することができたとはいいかもれない。後継者に指導するときは一つ一つの作業の日時決定の理由を全て説明しているが、この様に客観的に示すことで、より分かりやすく効率的に伝えることができるのではと感じた。

### 4.3 設備オントロジー

発電所、発電機、調整池、貯水池、送電線について概念を定義した。構築した設備オントロジーの一部を図5に示す。

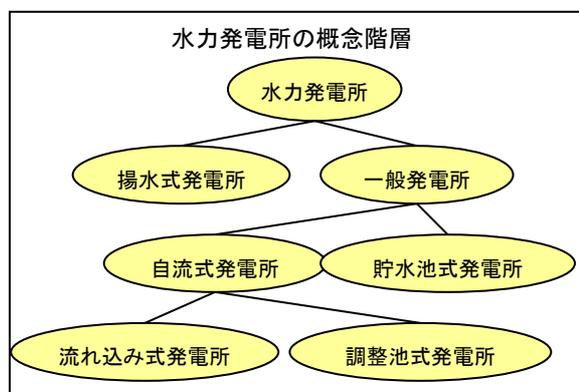


図5 設備オントロジー

作業オントロジー及び設備オントロジーの一部をオントロジー構築ツール Protégé で開発した画面を図6に示す

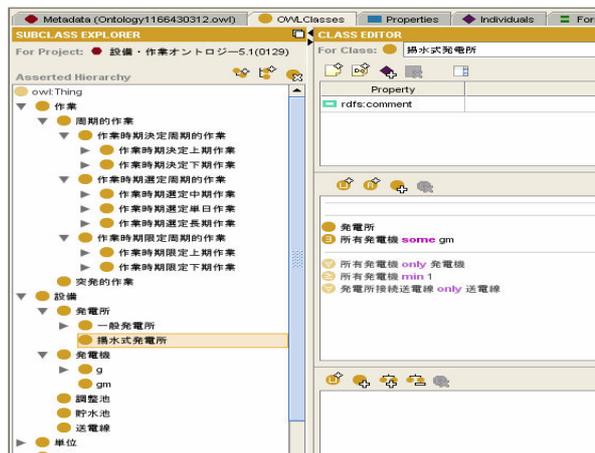


図6 Protégé でのドメインオントロジー開発

## 5. ルール依存関係視覚化

### 5.1 スケジューリングルール群の類型化

獲得したスケジューリングルール群を「定義(公理)」「強いルール」「弱いルール」の3つに分類した。

- 定義: それより深い理由がない  
ex) 点検、発電所の種類
- 強いルール: 必ず満たす必要があるルール

ex) 5月中に夏期前設備診断を実施する

- 弱いルール: 満たすことでよりよい解を求められるルール  
ex) 停止作業はなるべく分散させる

「定義(公理)」の部分は 4.ドメインオントロジー構築により記述した。「強いルール」「弱いルール」の部分ルール依存関係図では扱う。

### 5.2 スケジューリングルール(浅い知識)vs 正当性ルール(深い知識)

最初に資料から確認したルールでは、停止調整の理由、スケジューリング(に直接使える)ルールの正当性を示すルールが含まれていた。

- 発電量が多くなるように、停止作業を計画する
- R 発電所では、4~9月に停止作業を行うと、農業用水確保のため、発電には使用しない水を大量に放流しなければならないため、できるだけ4~9月は停止作業を行わない

スケジュール作成時のルール(「強いルール」「弱いルール」)は正当性ルールを省き、スケジューリングに直接使えるルールを選別した。

- R 発電所ではできるだけ4~9月は停止作業を行わない

しかし、実際の業務を行っていく上で、スケジューリングルールだけでは、応用力が効かない。浅い知識だけでは、そのルールがその状況で使われる正当性が言及されていないので、状況が少し変わると異なった対処方法が創起できないからである。よってその正当性を言及する深い知識を用意することにより、浅い知識から深い知識をたどることで浅い知識の理解を深め、また逆向きに深い知識から浅い知識をたどることで、状況が少し変わったときでも浅い知識を創起でき、対処できるようになる。

### 5.3 ルール依存関係の検討

スケジューリング時に直接使った「強いルール」「弱いルール」に関して、正当性ルールの書き出しを行った。

- 外部点検(5日間)は月曜から行う  
(理由) 作業開始/終了日はできるだけ平日にする
- 作業開始/終了日はできるだけ平日にする  
(理由) 作業者の確保
- 内部点検の開始日は他の停止作業は行わない  
(理由) 作業者の確保

「強いルール」「弱いルール」自身も正当性ルールとなるルールや違うルールでも同じ理由に起因するルールが存在した。ルール間の依存関係を理解しやすくするために視覚化を行った。

### 5.4 ルール依存関係の視覚化方法



図7 ルール依存関係の視覚化方法

図7はルールAの理由となるルールB(正当性ルール)が存在したとき、ルールAとBは依存関係であると示している。この方法で、作業ごとに、スケジューリング時にどのようなルールによって決められるかを視覚化した。

### 5.5 ルール依存関係の視覚化例

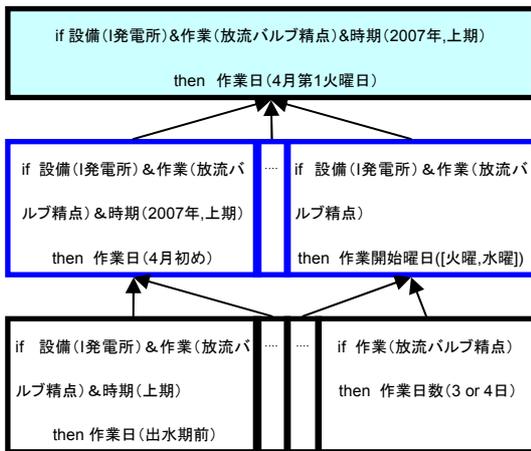


図 8 I 発電所放流バルブ精点のルール依存関係

図 8 は I 発電所放流バルブ精点という作業のルール依存関係である。直接スケジューリングの際に使えるルールが 1 番上の「4 月第 1 火曜日から始める」である。その理由を示す正当性ルールが一段下の「4 月のできるだけ早い時期に実施する」「火曜か水曜から始める」等である。

### 5.6 ルール依存関係視覚化の活用法

#### 正当性ルール変更による影響伝搬解析

あるルールが変更された時、それにより影響を受けるルールをすぐに示すことが可能になり、スケジューリングルールに影響を及ぼすか否かもすぐに確認することができる。図 9 は点検周期が変更されたときに影響を受けるルールを示している。

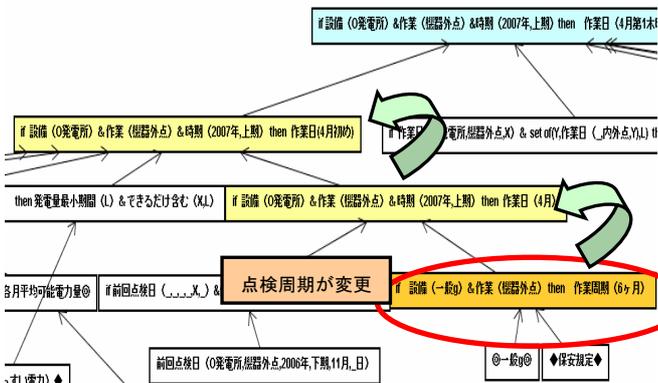


図 9 正当性ルール変更による影響伝搬解析

### 6. 3つのシステム連携イメージ

最後にスケジューリングエンジン、ルール依存関係図、ドメインオントロジー3つのシステムの連携イメージ(図 11)を示す。スケジューリングエンジンはスケジュールを自動生成するシステムとして、人工知能用言語である Prolog を用いて現在開発途中である。

スケジューリングの際に直接使用するルールが理解不能な場合、関連する正当性ルールをルール依存関係図で示し、その図中で言葉の意味が不明な部分をドメインオントロジーで参照できることを連携イメージとして抱いている。

このシステムにより、自動生成されたスケジュール案に対し、必要に応じ専門用語の意味、ルール適用の正当性を確認しつ

つ、洗練させていくことが可能になり、ベテラン社員でなくとも、ベテラン社員と同等の業務品質を実現できるようになることが期待される。

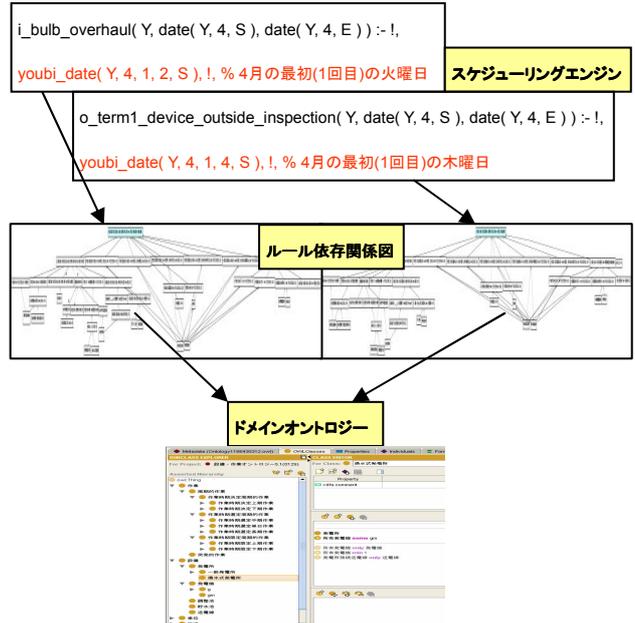


図 11 3つのシステム連携イメージ

### 7. 結論と今後の課題

本稿では、

- スケジューリングルール群の整理
- ドメインオントロジーの体系化、構築
- ルール依存関係の体系化、視覚化
- Prolog スケジュールエンジンの実装

を行い、知識継承支援システム実現可能性を見出すことができた。今後の課題としては、さらにドメインオントロジー、ルール依存関係図、Prolog スケジュールエンジンを改良し、ケーススタディの実用規模への展開を目指す。

#### 参考文献

- [1] 溝口理一郎: “オントロジー構築入門”, オーム社, 2006.
- [2] 山口高平, 溝口理一郎, 田岡直樹, 小高浩, 野村康雄, 角所収: “深い知識に基づく一般ユーザ向けの説明機能”, 電子情報通信学会論文誌, J70-D 巻, 11 号, pp.2083-2088, 1987