

知識継承における外在化支援のための

業務ルールとドメインオントロジーの構築

Constructing Business Rules and Domain Ontologies
to Support Externalization of Business Knowledge in Knowledge Transfer小林 圭堂^{*1}
Keido Kobayashi加藤 美穂^{*1}
Miho Kato吉岡 亜紀子^{*1}
Akiko Yoshioka山口 高平^{*1}
Takahira Yamaguchi^{*1} 慶應義塾大学
Keio University

In this paper, we propose to support the part being done by people who guide it in OJT with the computer. As systems, we construct the dependence between business rules, the domain ontologies, and the scheduling engine. By making them cooperate, we investigate a possibility of efficiency externalization of business knowledge in knowledge transfer.

1. はじめに

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 において指導する人手により行われている、知識継承における知識の共有および新人への教育の部分を計算機で支援することを提案する。

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。

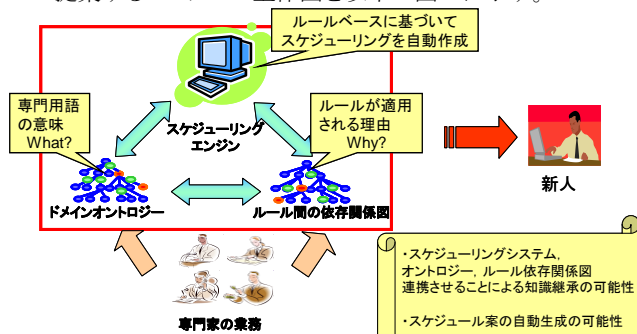


図1 システム設計

知識継承支援システム構築を最終目標とし、

- ビジネスルール間の依存関係図
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
- 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
- スケジューリングエンジン
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、A 電力会社・B 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。

B 制御所は 10 発電所の運転、各発電所内の送電線とつながる開閉器を制御しており、それらの発電所、送電線における各設備の点検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い作られている。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から、日にちレベルの詳細なスケジュールを作成する業務を対象とした。

3.1 知識獲得(対象業務の理解、分析)

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
事前に専門家に業務を説明・講義してもらった内容をまとめたもの(ルール表)、専門家が過去に停止調整業務を行った“結果”をもとに、停止調整業務に必要なルールを確認していった。
- ②スケジュール作成・内省
ルールをもとに実際に停止スケジュール案を作成して、専門家が作成した停止スケジュール案と比較した。
- ③専門家にインタビュー
2つの停止スケジュール案の差異、ルール表と過去の結果との矛盾点、過去の結果から導き出したルールの正当性について専門家にインタビューを行い、ルールの更新。
- ④ルールの類型化
4.1 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、現在若手への継承に長い期間を要していることが実感できた。

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. ルール間の依存関係図

4.1 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
- 弱いルール: 満たすことでよりよい解を作成できるルール

4.2 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 発電所では農業用水確保のため、4~9 月は作業を行わない

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 4~9 月は作業を行わない

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。応用力がないとは、特定の問題に対して、少し変えると全くできなくなることである。理由は基本を理解していないからである。例えば、「はし」という単語が出てきたときに“端”か“橋”のどちらであるかは、その文脈(context)を見る必要がある。同様に、“スケジューリングルール”を理解するには、context に当たる正当性ルール(深い知識)を説明する必要があるといえる。さらに言う、スケジューリングルールを覚えたとしても、正当性ルール(深い知識)を知らなければ、ルールを適用する場面がわからない。よって正当性ルールをカバーすることは、ルールを適用するノウハウが身につく、つまりスケジューリングができることにつながる。

4.3 ルール間の依存関係の検討

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。「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。

4.4 ルール間の依存関係の視覚化方法

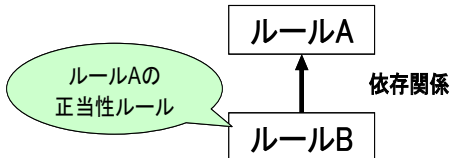


図2 ルール間の依存関係の視覚化方法

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。

4.5 ルール間の依存関係図

スケジューリングエンジンと連携することで、新人にとっては理解不能なスケジューリングルールから、関連する正当性ルール群のみを局所化することが可能になり、新人にとっては、より効率的な知識の獲得ができるようになる。

5. ドメインオントロジー構築

本研究において、ドメインオントロジーの対象とする領域は、ルールに含まれる語彙である。また、停止調整業務に特化してオントロジー構築を行った。それによって、ルールに含まれる語彙の意味を明確にして、業務理解の支援をするとともに、業務ルールのメンテナンスの支援を行うことを目的としている。

5.1 概念抽出

まず、ルールから概念を抽出した。この時点では、ただの単語の列挙であったが、抽出された概念を整理すると、大きく分けて、「設備に関する概念」、「作業に関する概念」、「時区間に関する概念」、その他の概念に分けられた。

5.2 設備オントロジー

マニュアルなどから得られた情報と、専門家にヒアリングをして得られた情報から構築した設備全体を理解するためのオントロジーである。

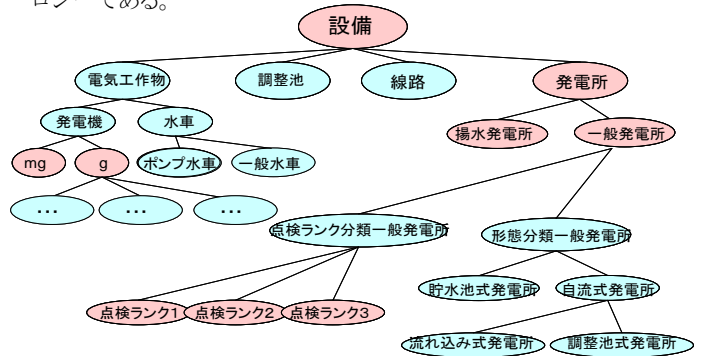


図3 設備オントロジー

5.3 作業オントロジー

設備オントロジーは、設備概念自体が一般的なものが多く、既に現場においても、水力発電の一般知識としても概念体系がほぼ確立されていた。しかし、作業概念に関しては、停止調整業務に特有の作業であるため、試行錯誤の上に作業オントロジーを構築した。その過程を以下で示す。

作業オントロジー作成時の初期構想を以下の図5に示す。



図4 作業オントロジーの初期構想

オントロジー作成の初期段階では、業務ルールの理解を目的とした体系になっている。ここから、新たに専門家にヒアリングし、ルールベースを構築して、自動スケジューリングを作成するという過程を通して、次のような新たなスケジューリング方法が明らかになってきた。

- スケジューリングをする際は、過去の作業実績を参照するか否かが重要である
- ある作業は、作業開始日や作業期間が、月または週単位レベルで指定され、独立にスケジューリングすることができる。また、ある作業は、他の作業が決まれば、従属的に、そして自動的にスケジューリングすることができる
- 内部点検、外部点検、諸設備点検、ブラシ点検、OHの6つの作業は、ある作業を起算作業として持ち、過去の作業実績を参照する。他の作業とはスケジューリング方法が異なる

以上のことを考慮して、作業オントロジーの再構築を行った。

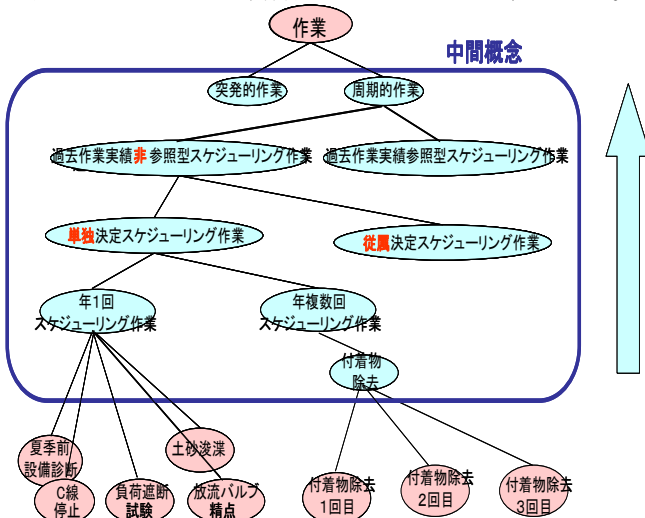


図5 作業オントロジー(中間概念を用いた知識継承支援)

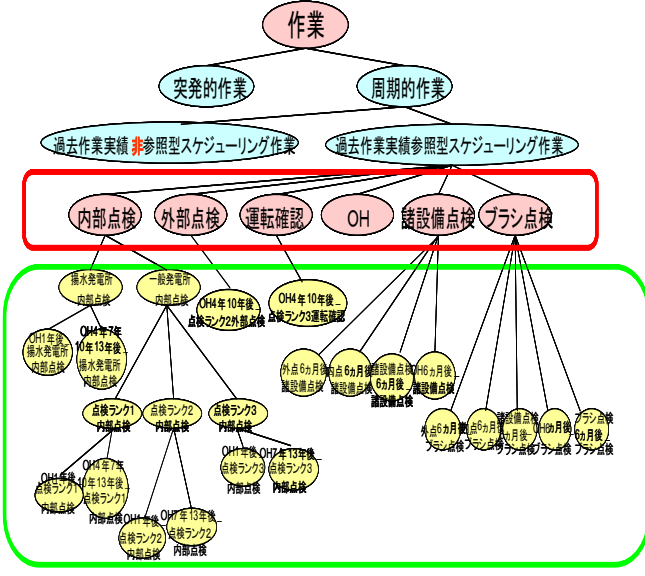


図6 作業オントロジー(下位概念を用いた知識継承支援)

ここで示されている中間概念、下位概念はこれまで専門家には意識されていなかったものであるが、分析によって明らかになった。専門家からも実際にこのような考え方を持っているという評価をもらい、よりスケジューリングに特化したオントロジーに洗

練された。それによって、業務ルールに含まれる、情報が欠落して意味のわからなくなった語彙を中間概念、下位概念を参照することで、新人にとって理解しやすくなったと考えられる。

5.4 ルールテンプレートの付加

作業オントロジーをスケジューリング業務に使われる if-then ルールベース領域に特化し、スケジューリング方法を反映させて構築したことで、if-then ルールテンプレートを付加できる可能性を見出した。これは、実行ルールだけでなく、オントロジーを用いてルールを抽象化することで、中間概念においてもルールテンプレートとして活用できると考えた。このようにボトムアップ的にルールを抽象化し、作業オントロジーの各作業概念にルールテンプレートを付加したものを以下に示す。

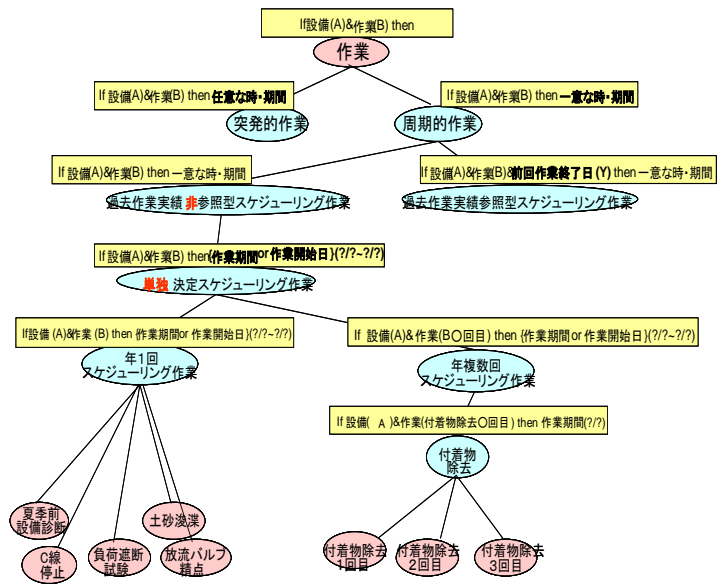


図7 ルールテンプレートを付加した作業オントロジー

このルールテンプレートにより、ルールベースの大きな問題となっているメンテナンスを支援できると考えられる。今後、作業の追加などによりルールの更新が必要になったときに、専門家自身がこのルールテンプレートを参照することにより、ルールという形で効率的に知識の外在化が可能になる。

6. スケジューリングエンジン構築

スケジューリングルールをもとに、それを Prolog へ変換して、自動的に停止スケジュール案を作成する。それによって、業務遂行者に対しての業務支援、ルールの検証による専門家の知識の外在化支援が可能である。また、新人にとっては、テストケースに対して、自分で作成した結果と比較することによるルールの確認、ルールの適用の仕方などといった知識の統合化の支援につながると考えられる。

6.1 Prolog ルールベースへの変換

まず、日本語で記述された業務ルールを手作業でより詳細なレベルの Prolog ルールベースに変換した。

ここでは、カレンダー制約など人間にとっては常識とされるような計算機特有のルールを追加する必要があり、ルール数は70個から360個と大幅に増加したため、多くの時間を費やした。

6.2 ルールの条件緩和

作成した Prolog ルールベースをもとに、テストケースに対して、自動推論を行い、停止スケジュール案作成を試みた。しかし、こ

の段階でのルールというのは、しっかりと整理されたものではなかったため、矛盾するルールが存在したり、制約がきつすぎて候補日程がなくなってしまうなどの問題があった。

そこで、専門家へのインタビューを行い、ルールの条件緩和を行った。具体的には、矛盾しているルールに対して、

- どのルールを優先するのか
- 緩和するルールは、全く適用しないのか、または、期間を広げるなど条件緩和をして適用するのか

といった2点に絞って質問した。そうすることで、漠然と全てのルールに対して優先順位を決定していくよりも、効率的に知識の外在化ができたと考えられる。

6.3 スケジューリングエンジンの実行過程

スケジューリングエンジンの実行過程は、まず、対象年度に行う点検作業と、その点検作業の前回点検日などといった必要なデータを入力する。次に、それを Prolog 処理系で実行して停止スケジュール案を作成する。最後に、結果を見やすくするために、実際の業務と同様にガントチャートでの表示を行った。

6.4 業務知識外在化支援のプロセス

(1) スケジューリング結果の比較

Prolog ルールベースに基づいたスケジューリング結果と専門家が行ったスケジューリング結果とを比較することによって、専門家が持つスケジューリング業務に関する知識の外在化を支援する。

(2) 業務ルールの検証

ここまでで作成した Prolog ルールベースに基づいたスケジューリング結果と専門家が行ったスケジューリング結果には数多くの相違点があった。この原因としては、専門家が意識しておらず表現しきれなかった知識が存在したこと、また、日本語で記述された業務ルールに含まれる抽象的な概念を Prolog ルールベースの具体的なデータに変換したときに違いが生じてしまったことなどが考えられる。そこで以下に示すプロセスを繰り返し、業務ルールを更新していき、その誤差を少なくしていくことで、専門家が持つ知識の外在化を支援できると考えられる。

- 人間が作成することにより発生するミスが生じない
- 作成後の検討結果から、修正が容易にできる
- 計算させるためには正確に入力することが必要であり、事前の準備の段階で正確な情報を集めることにつながる

(2) 今後改善すべき点

- 業務ルールの検証プロセスを繰り返し、更なる業務ルールの洗練
- 入力作業など利用者の負担を軽減し、より使いやすいものにする

7. おわりに

本研究で構築したドメインオントロジーとルールベースは全て手作業で作成した。どちらも作成するまでのドメイン知識の獲得に多くの時間を費やした。費用対効果ということを考えると、いかに効率よく知識を獲得するかといった、知識獲得の方法論についても検討すべきであると言える。

最後に、本稿では、専門家が持つ知識の外在化を中心に述べてきたが、さらに研究を進め、最終的には、外在化した知識を新人にどのように継承していくかという問題に取り組む必要がある。

参考文献

[吉岡 07] 吉岡亜紀子、大平昌弘、飯島正、山口高平、山崎浩志、柳沢雅彦、岡部雅夫: 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, 第 21 回人工知能学会全国大会, 1B1-5.

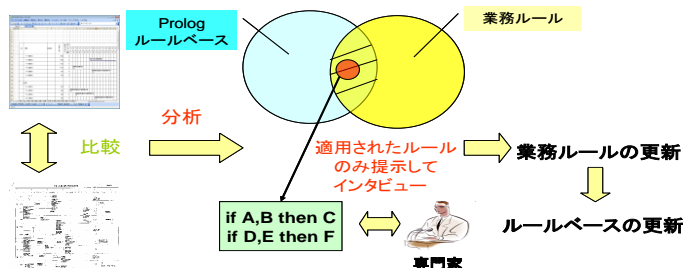


図8 業務ルールの検証プロセス

スケジューリング結果を比較して、差異があった部分について、適用された業務ルールのみを専門家へ提示してインタビューを行い、業務ルールの更新を行ったことで、漠然とインタビューするよりも効率的な知識の外在化ができた。

6.5 スケジューリングエンジンの評価

スケジューリングエンジンについて、専門家からの評価を期待できる効果と今後改善すべき点に分けて以下に示す。

(1) 期待できる効果

- C 水系全21台の発電機の大筋の年間作業計画を短時間で作成できる