

オントロジーとルールベースシステムを利用した知識変換支援

Support for knowledge conversion using ontologies and a rule-based system

石川達也^{*1} 小林圭堂^{*1} 岡部雅夫^{*1*2} 山口高平^{*1}
 Tatsuya Ishikawa Keido Kobayashi Masao Okabe Takahira Yamaguchi

^{*1} 慶應義塾大学
 Keio University

^{*2} 東京電力
 Tokyo Electric Power Company

This paper describes how knowledge conversion goes from human-understandable Japanese rules to computer-understandable Prolog rules with ontologies and a rule-based system taking a model case of scheduling. This system works for the support to externalize intelligence skill of experts.

1. はじめに

昨今の景気悪化に伴い企業の経営状態が悪化し、新入社員に対して手厚い業務体制をとって教育を行うことが難しくなっている。これは新人を教育する担当者が他の業務をこなす必要性が生じ、教育のための時間が減少したためである。現在、組織に蓄積されている技術の継承が問題となっており、時間とコストがかからない、より効率的な教育が必要とされる。[小林 09]では、オントロジーとルールベースシステムを用いた知識継承支援システムを提案した。本稿では、オントロジーとルールベースシステムを利用した知識変換を実現し、専門家と経営者の知識の外在化支援を提案する。

2章では過去の研究内容を含めたシステムの概要を説明する。3章はオントロジーとルールベースシステムを組み合わせた知識変換支援について提案する。4章は東京電力の業務をモデルケースとして述べる。5章は知識獲得メンテナンス支援、6章は経営目標具体化支援について詳細を説明する。7章では評価を行い、8章で結論と今後の課題について言及する。

2. プロジェクト概要

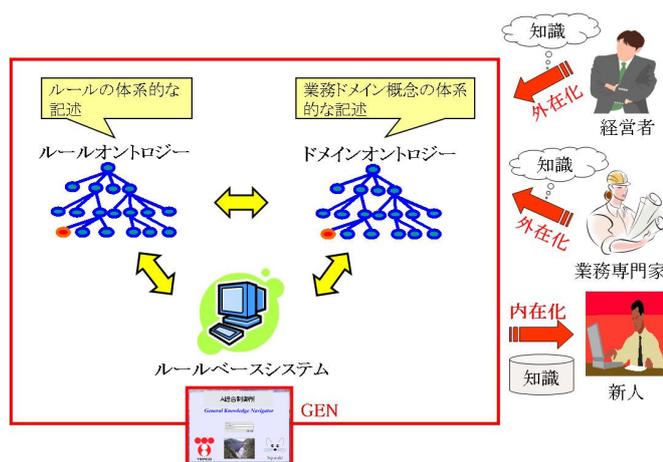


図1 プロジェクト概要

2.1 ルールオントロジーとドメインオントロジー

オントロジーは専門家が持つ暗黙知を外在化して関係づけたものである。ドメインオントロジーは対象とする業務で使用され

連絡先: 慶應義塾大学理工学研究所, 〒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

る専門用語とそれらの間の関係を定義したものである。これは、個々の専門家から外在化された知識の記述を標準化し、属人性を排除することや、新人が対象とする業務ドメインの知識を理解することに利用される。よって、ドメインオントロジーに定義されているそれぞれの用語には、それを詳しく説明する文章も記述されている。また、ルールベースに含まれる語彙を定義することで、多くの人が共有できメンテナンスがしやすいルールベースシステムを開発することに貢献できると考えられる。

多くの場合、知的熟練を必要とする業務の知識というのは単純な知識に分解でき、それらはルールとして外在化することができる。正しくルールを適用できるようになるためには、なぜそのルールが適用されるのかを理解する必要がある。また、適用するルールの順番や一般的に適用されるルールと特定の場面でのみ適用されるルールとの関係も理解する必要がある。新人にこれらの知識を提供するのがルールオントロジーである。ルール間の関係として以下の4つを定義した:

- justify: 浅いルールと深いルール(浅いルールの理由を説明するルール)の関係
- depend on: 適用の順番が規定されたルールとの関係
- specialized: 詳細化ルールと一般化ルールとの関係
- override: 例外ルールが一般化ルールを上書きする関係

2.2 ルールベースシステム

ルールベースシステムは業務に直接使われるルールを基に、半自動的に業務を実行して結果を表示するシステムである。ルールベースシステムの目的は二つ挙げられる。一つ目は、アウトプットを参照し、専門家から外在化させたルールを洗練することである。

二つ目は、新人の知識内在化を支援することである。外在化された業務知識を、新人が内在化するためには、その知識を使って実際に業務を行うという経験が必要である。ルールベースシステムは様々なルールの適用順位・優先度、知的熟練者によるスケジューリング作成の標準的な手順を模擬している。アウトプットと新人自身結果を比較することで、「知的熟練」の達成のために必要な知識の統合化能力を獲得できると考えている。

3. 知識変換

本稿ではオントロジーとルールベースシステムを組み合わせることで、専門家と経営者の知識を外在化できると提案する。経営目標の具体化支援により経営者の持つ経営目標

は日本語ルールへと変換され、知識獲得メンテナンス支援により専門家の日本語ルールは機械可読なルールへと変換される。

知識獲得メンテナンス支援ではあらかじめドメインオントロジーで構築されている語彙をメニューから選ぶことによって、専門家の知識を外在化できる。また、経営目標の具体化支援ではルールオントロジーの4つの関係の中の、ルールの正当性を表す justify の関係を用いることで、業務における目標と手段が結びつけられ、経営者の知識を外在化できる。

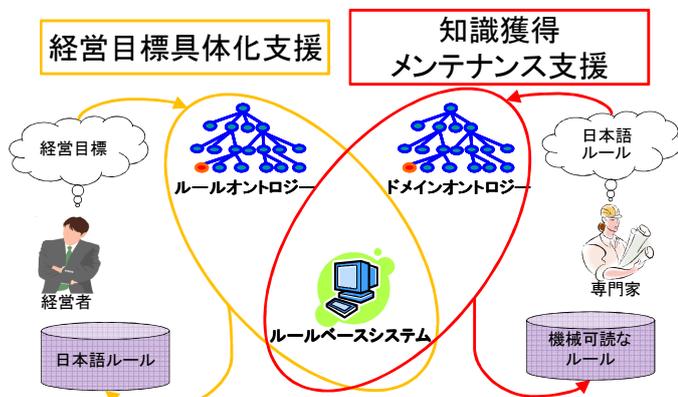


図2 知識変換

4. モデルケースの概要

東京電力・A 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。

東京電力の水力発電所は長い歴史を持ち、現在は自動化されている。A 制御所は古く小さいものから最新の巨大なものまで含めた全ての発電機を遠隔操作、メンテナンスをする責任がある。

A 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。今回はその中で、各発電所の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。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：

- 無効に放流する水量を減らす
- 発電機の点検周期を守る
- 漁業組合などの組織との協定を守る
- 自然条件に留意する ……など

発電所に関する様々な知識の統合が必要とされるので、知的熟練が必要となる典型的な仕事である。またルールが十分に定義されていないので最適化の手法は使えない。現状では、大半の知識は専門家から外在化されず、知識継承は OJT によって行われている。

5. 知識獲得メンテナンス支援

5.1 知識獲得メンテナンスサポート概要

ドメインオントロジーに関して、専門家がルールを記述する際の標準化や初心者専門用語を理解させる際に役立つものと説明した。ここでは新しいルールに含まれる語彙を、ドメインオントロジーを利用して参照したり、新たに定義付けをしたりすることで、日本語で記述されたスケジュールリングルールから機械可読な Prolog ルールに変換することを試みる。この変換が実現す

れば、プログラムに精通していない専門家でも新しいルールを追加することができ、ルールベースシステムのメンテナンス支援が可能になる。

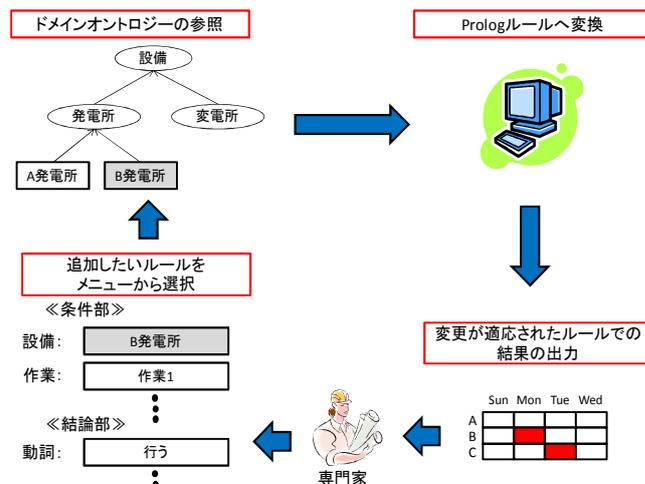


図3 知識獲得メンテナンス支援

5.2 システム構築

日本語ルールから Prolog ルールへの知識変換に必要なシステム構築プロセスを説明する：

- ① 専門家のインタビューから日本語ルール抽出
- ② ドメインオントロジー構築
- ③ 日本語ルールを”if(条件部)then(結論部)”形式に変換
- ④ ドメインオントロジーを参照して Prolog ルールを生成

(1) ルール抽出

専門家へのインタビューから業務ルールを抜き出す。今回 134 個のルールが取り出された。そのルールを 90 個の浅いルールと 44 個の深いルール(浅いルールの理由の説明となるルール)に分けた。この 90 個のルールは日本語ルールと名付けた。日本語ルールはルールベースシステムに組み込まれ、半自動的に結果の生成させるために必要となる。

(2) ドメインオントロジー構築

日本語ルールに含まれている語彙を基に、ドメインオントロジーを 3 種類構築した。設備オントロジー、作業オントロジー、動詞オントロジーである。

設備オントロジーは、東京電力で長年蓄積された発電機などの設備のクラス階層を利用して構築した。作業オントロジーは、設備の検査やメンテナンスに必要な情報を含んでいる。動詞オントロジーは日本語ルールに含まれている動詞に関するオントロジーである。

(3) 日本語ルールの変換

日本語ルールを”if(条件部) then(結論部)”の形式に変換する。これは Prolog ルールへの変換を容易にするためである。条件部には制約の対象となる作業、結論部には条件部で指定した作業のスケジュール上の制約について記述する。具体的には、条件部は発電所名などの設備、作業件名、作業日数、実施時期を、結論部は 5 種類の動詞(行う、行わない、避ける、重ねない、探す)、計 21 パターン(○月△日以降に行う、○月△日までに行うなど)の形式の中から選択することとする。

(4) ドメインオントロジーを参照して Prolog ルールを生成

ドメインオントロジーから、条件部と結論部で選択した用語(インスタンス)の存在しているクラスを参照することで、Prolog のルールを生成する。ドメインオントロジーのクラス単位で Prolog ルール生成の処理記述をしている。条件部の用語は設備オントロジーと作業オントロジー、結論部の用語は動詞オントロジーを参照する。

5.3 知識獲得メンテナンス支援の流れ

実際にルールを追加する流れを説明する。

図 4 は、平成 22 年度の問題に対するルールベースシステムの 10 月の結果である。カレンダーで赤く塗りつぶされている部分は作業が行われるところで、カレンダーの下で、作業件名などの詳細な情報が分かるようになっている。ここで、「揚水発電所で 10 月に実施する作業は 10 日以降に行う」というルールを追加する。揚水発電所は I 発電所と J 発電所である。よって、10 月 5 日にスケジュールされている I 発電所 4 号機の諸設備点検と 10 月 6 日にスケジュールされている J 発電所 4 号機の諸設備点検の作業日程が変わることが予想される。

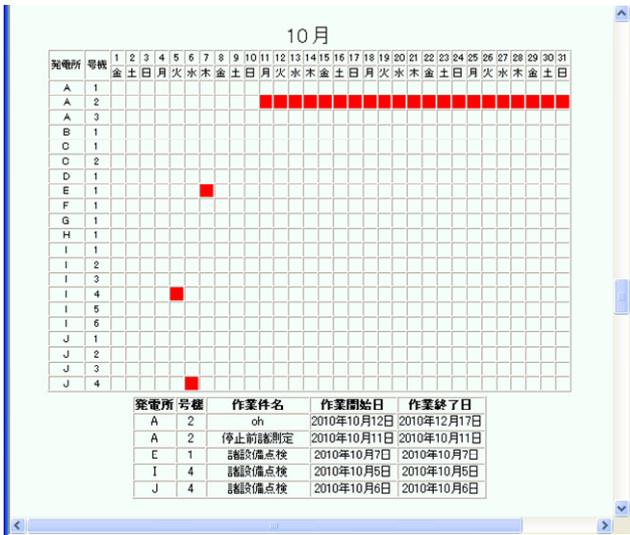


図 4 ルールベースシステムの結果(平成 22 年度)

図 5 はルールを実際に追加するプロセスを示している。まず、左上の画面が表示され、ユーザは条件部と結論部を候補の中から選択する。今回は、条件部は設備を揚水発電所、実施時期を 10 月と指定し、結論部は「〇月△日以降に行う」を選択する。次のステップに進むと、右上の画面が表示される。ここでは、結論部に具体的な日付を入力する。今回のルールでは、「10 月 10 日以降に行う」と入力する。そして、最後に下の登録画面になり、ルール記述と優先度を入力し、対応する業務目標を選択する。最後に登録ボタンを押すと、ルールが作成される。

ルールが追加された結果、図 4 で 10 月 5 日にスケジュールされていた I 発電所 4 号機の諸設備点検は 10 月 13 日に、10 月 6 日にスケジュールされていた J 発電所 4 号機の諸設備点検は 10 月 14 日に変更され、想定していた通りの結果となった。

このように、ドメインオントロジーを参照して、日本語ルールから半自動的に Prolog ルールを作成できるようになったことで、専門家自身にもルールベースの更新が可能になった。よって、新たなルールが必要になった時も、専門家はまず日本語でルールオントロジーを構築し、そこから Prolog ルールを作成して、ルールの洗練を行うというプロセスが可能なので、メンテナンス性は大きく向上したと言える。

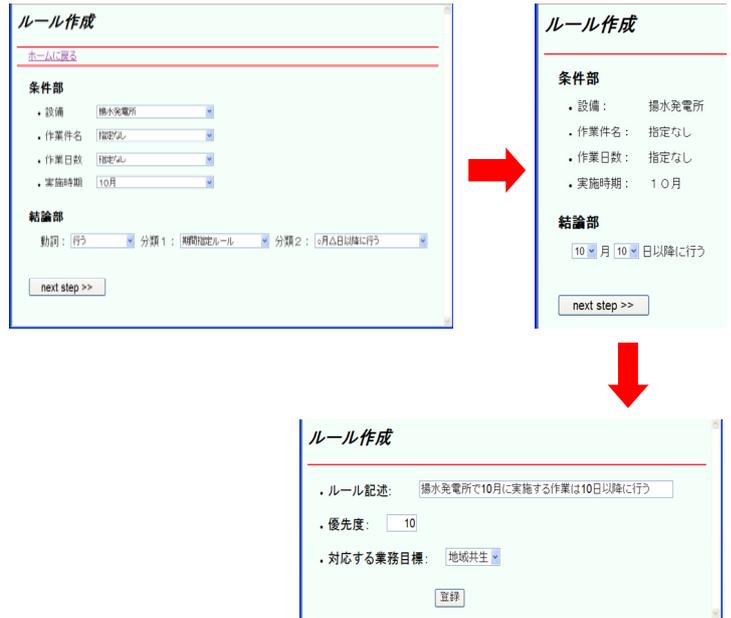


図 5 ルールを追加するプロセス

6. 経営目標の具体化支援

6.1 経営目標の具体化支援の概要

ルールオントロジーの justify の関係を参考に、浅いルール(手段)から理由をたどることで深いルール(目標)までの関係が分かる。これを逆からたどれば、経営目標から日本語ルールへの関係が分かる。つまり justify を参考にすることで、経営目標を変化させた時にどの日本語ルールが影響を受けるのかが分かるようになる。この結果をルールベースシステムに反映させることで、経営者の意識を現場に反映させることが可能になり、経営者と現場の専門家を結びつける支援ができると考える。

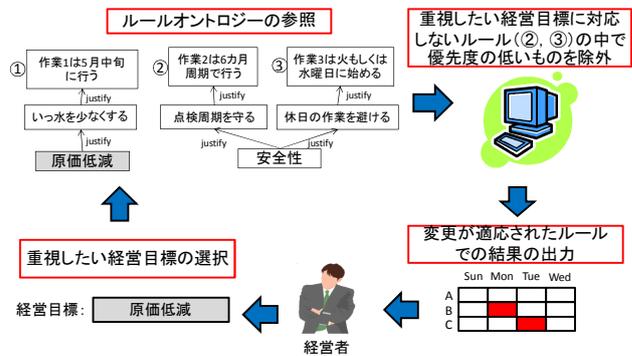


図 6 経営目標の具体化支援

6.2 システム構築

次のプロセスでシステム構築を行った:

- ① ルールオントロジー構築
- ② 日本語ルールに優先度付与
- ③ 重視する経営目標に対応しないルールを除外

(1) ルールオントロジー構築

5 章で浅いルールと深いルールを分類した。浅いルールと深いルールを”justify”の関係で結び、ルールオントロジーを構築する。構築の結果、最も深いルール(経営目標)は 4 つになり、それらは最も浅いルール(日本語ルール)と関連付けることができた。4 つの経営目標は”原価低減”, ”安全性”, ”地域共生”, ”安定供給”である。

(2) 日本語ルールに優先度付与

ルールベースシステムを利用し、日本語ルールに優先度を付与する。まず、専門家へのインタビューから日本語ルールに仮の優先度を付ける。そして、ルールベースシステムを実行してみ、結果が不相当であった場合、該当箇所のルールの優先度を変更する。これを6年分の問題に対して繰り返すことで、ある程度信頼できる優先度を付けることが出来た。

(3) 重視する経営目標に対応しないルールを除外

利用者が重視したい経営目標を選んだ場合、ルールオントロジーを参照し、選択した経営目標に関係のない日本語ルールが除外の候補となる。候補の中で最も優先度の低いルールを除外する。

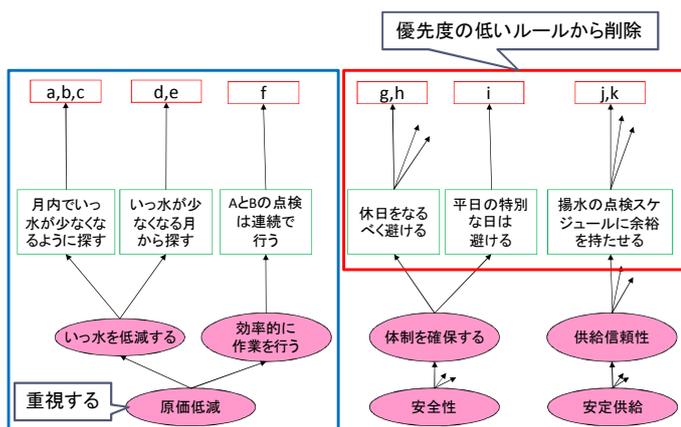


図7 原価低減を重視するケース

6.3 経営目標の具体化支援の流れ

原価低減の経営目標をこれまで以上に重視するケースを考える。

図8では、平成23年度の問題に対して、原価低減を重視した結果を表示している。原価低減以外の業務目標に関係する日本語ルールの中から優先度の最も低いものが除外し、スケジューリングを実行している。原価低減をした結果、いっ水電力量は208625kwh削減された。図8の左側が原価低減を重視した結果で、元の結果と変化が生じた部分を青色で表示している。

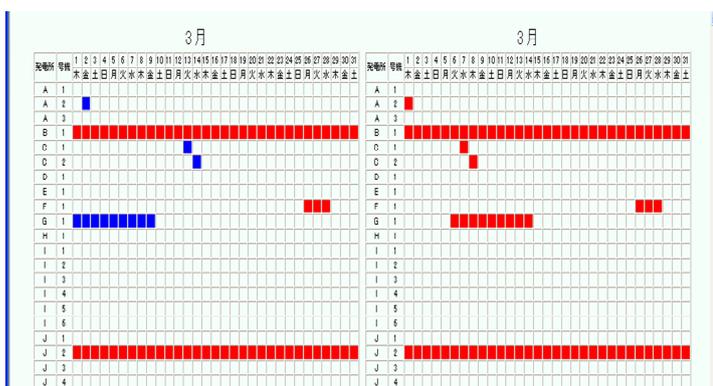


図8 原価低減を重視した実行結果

G 発電所の水量の変化が他と比べて大きいので、G 発電所の作業を水量の少ない月の初めに移動することでいっ水量は削減される結果となった。

このように、ルールオントロジーとルールベースシステムを連携させることで、経営者側と現場の考えを結ぶ支援ができることを示した。

7. 評価

この章では知識変換を利用した知識獲得メンテナンス支援、経営目標の具体化支援ができてきているかの観点から、専門家へ評価してもらった。

7.1 知識獲得メンテナンス支援の評価

専門家に実際にルールベースシステムを利用してもらい評価をしてもらった。専門家は実際に状況が変化した場合を想定し、ルールを追加した。その結果、5分程度の説明の後、特に問題なくメニューに従って新しいルールを作ることができた。条件部、結論部の切り分けに関しても専門家の直観と一致しているというコメントをもらった。メニューに従ってルールを作り出すという範囲なら、システムをメンテナンスすることができるという評価をもらった。

この評価では、専門家が想定したルールにはルールベースシステムでカバーできないものはなかった。ただ、想定していないパターンがある可能性がある。この対策として、メニューで対応できない処理が必要になればドメインオントロジーを拡張し、クラスを追加する対応が考えられる。

7.2 経営目標の具体化支援の評価

経営目標から日本語ルールへの知識変換が上手くなされているか確認するために、経営を担当する専門家にシステムを使ってもらった。"原価低減"を重視するケースに関して、高い評価が得られた。これまで試行錯誤でいっ水量を減らしていたが、それが日本語ルールに反映されていて経営戦略サポートが出来ていると評価してもらった。なお今回は、明確な指標がいっ水量しかなかったので一つのケースしか考えなかった。

8. おわりに

本稿では、オントロジーとルールベースシステムを組み合わせることで知識を変換することで、知識獲得メンテナンス支援と経営目標の具体化支援ができることを提案した。知識獲得メンテナンス支援は、プログラムに習熟していない現場の専門家でも新しいルールを作ることができると評価を受けた。また経営目標の具体化支援は、"原価低減"という限られた範囲であったが、経営側と現場の考えを結ぶ手助けになる可能性を示した。

今後の課題としては、本提案の汎用性を高めるために、ドメインオントロジーとルールオントロジーの中間概念の抽象度を上げ、他の作業ドメインでも利用できる方法を研究することがあげられる。

参考文献

[小林 09] 小林圭堂, 竹田百合恵, 吉岡亜紀子, 岡部雅夫, 山口高平, 山崎浩志, 柳沢雅彦: オントロジーとルールベースシステム構築に基づく知識継承支援, 第23回人工知能学会全国大会, 3G2-1(2009)

[岡部 09] 岡部雅夫, 小林圭堂, 石川達也, 山口高平: 業務知識の組織的継承へのオントロジーおよび知識モデリングの活用, 情報システム学会, 第5回全国大会・研究発表大会(2009)

[Kobayashi 09] K. Kobayashi, A. Yoshioka, M. Okabe, M. Yanagisawa, H. Yamazaki and T. Yamaguchi: How much well does Organizational Knowledge Transfer work with Domain and Rule Ontologies?, 3rd Conference on Knowledge Science, Engineering and Management (KSEM2009), LNAI5914, pp. 382-393 (2009)