

ワークフローとルールベースとオントロジーの統合に基づく

知識継承支援システム

Knowledge Transfer System Based on the Integration of Workflow and Rule Base and Ontologies

丸毛 伸仁^{*1} 別府 高志^{*2} 山口高平^{*2}
 Nobuhito Marumo Takashi Beppu Takahira Yamaguchi

^{*1} 慶應義塾大学大学院理工学研究科
 Graduate School of Science and Technology, Keio University

^{*2} 慶應義塾大学理工学部管理工学科
 Faculty of Science and Technology, Keio University

Here is discussed how to develop KTS (knowledge transfer systems) in the task of highway maintenance against snow and ice, integrating four kinds of knowledge content: workflow, rule base, domain ontology and rule ontology. Developing process-oriented and facility-oriented KTS, we evaluate them from the points of beginner's What, When, Why, How question types and discuss the relationships between learned task and KTS.

1. はじめに

近年、社会インフラを保全するための環境整備に関する議論が盛んであるが、その一つの課題として、技術人材の減少が指摘されている[社会インフラ維持管理・更新検討タスクフォース13]。

本稿では、社会インフラ保全業務として高速道路雪氷対策業務をとりあげ、技術人材育成のための Off-JT としての知識継承支援システム構成法について検討する。本システムでは、新人が抱く4種類の疑問(When, How, What, Why)を解決するための知識コンテンツとして、業務手順を示す階層的ワークフロー(When)、特定業務遂行の判断知識のためのルールベース(How)、ルールに含まれる用語の定義を提供するドメインオントロジー(What)、判断ルールの根拠を提示するルールオントロジー(Why)を考え、それらの統合方法を基軸にしてシステムを開発した後、被験者による実験結果からシステムを評価する。

2. 知識モデル

本節では、新人が抱く4種類の疑問(When, How, What, Why)を解決するための4種類の知識コンテンツについて、マニュアルと熟練者へのインタビューにより体系化を行った。以下、その結果について述べる。

2.1 階層的ワークフロー

マニュアルでは、同程度の詳細さで逐次的にワークフロー(業務の流れ)が説明されているため、業務全体把握、あるいは、特定業務の詳細理解のように、詳細度を変化させてワークフローを理解するには多くの手間を要していた。

そこで、図1に示すように、has-a 階層的にワークフローを構成し、粗粒度ワークフローで全体の流れの把握、細粒度ワークフローで現場遂行レベルの業務の流れが把握できるようにした。

最終的に、これ以上分解できない単一作業に含まれる判断知識は2.2ルールベースに記述され、単一作業を規定する上で必要な情報(遂行手段など)は2.3作業オントロジーに記載され、他の知識コンテンツと連携させることによりワークフロー関連知識を理解させる。

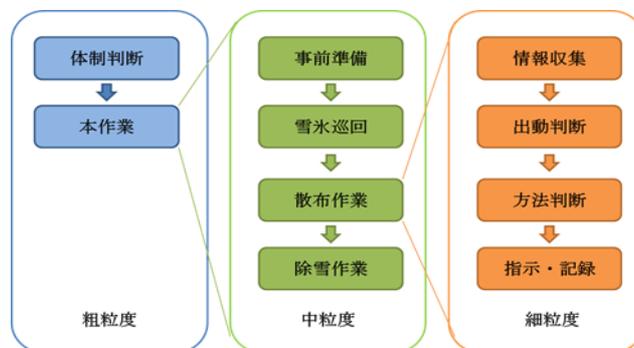


図1 階層的ワークフロー

2.2 ルールベース

業務の性質にも依存するが、業務遂行時に状況判断ルールが含まれる。熟練者へのインタビューから、雪氷対策業務には多数の判断ルールが含まれ、また、地域固有の判断ルールも含まれることが分かった。

よって、ワークフローとの関連付けは行いが、ワークフローにハードコーディングするのではなく、独立にルールベースで表現することにより、変更容易性を確保することにした(図2参照)。

現在、ルール条件部の構成要素は、「構成路面(本線)状態」「気温」「2時間後の予測気温」「残留塩分濃度」「降雪」「雪質」「業務対象箇所」「業務対象箇所の状態」「使用する凍結防止剤の種類」「散布方式」「圧雪の状態」「季節」「交通規制」「除雪の種類」「時間帯」「除雪車の出動状況」「凍結防止剤の散布時期」「除雪車の編成」という18要素であり、これらの要素が絡み合っており、大凡100個のルールが整理されている。

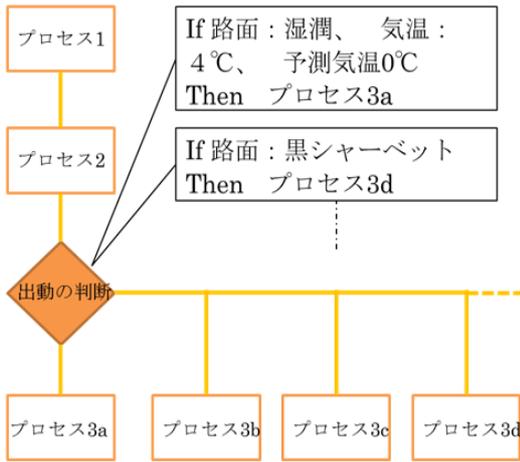


図2 ルールベースとワークフロー

2.3 ドメインオントロジー

ドメインオントロジーは、対象領域に含まれる重要な「もの(設備)」と「こと(業務)」に関する体系化であり、雪氷対策業務に関連する専門用語の意味を新人に説明するために利用する。

(1) 設備オントロジー

現在、設備オントロジーは、クラス数 26、インスタンス数 45、トリプル数 200 程度である。クラス階層については、熟練者へのインタビューを通して、①使用用途:設備の使用用途、②型番(型番によりその設備の所在が変わる)、③設置場所、④形状(設備形状により名称が異なる)の順に重要と認識していると判断し、そのようなクラス階層を構築した。また、設備インスタンスには、関連作業、および、新人の理解を高めるための画像を与えた。

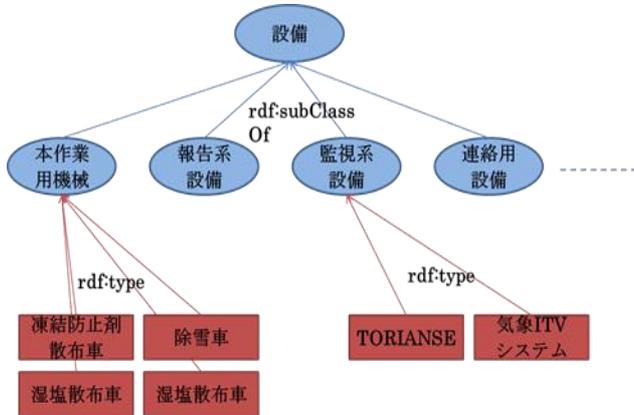


図3 設備オントロジーの一部

(2) 作業オントロジー

現在、作業オントロジーは、クラス数 27、インスタンス数 37、トリプル数は 200 程度である。クラス階層については、熟練者へのインタビューを通して、①複合作業/単一作業、②雪氷作業タイプ(複合作業タイプ:事前準備、雪氷巡回、凍結防止剤散布作業、除雪作業、拡幅除雪、排雪作業、単一作業タイプ:監視、判断、指示、記録)、③手段、④実施時期、⑤実施場所、の順に重要と認識していると判断し、そのようなクラス階層を構

築した。また、作業インスタンスには、実行者、消費供試材、使用設備、関連設備、関連ルール、および、新人の理解を高めるための動画を与えた。

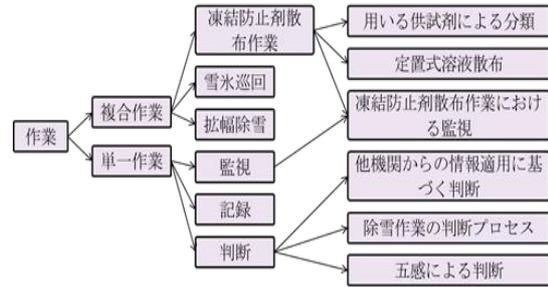


図4 作業オントロジーの一部

2.4 ルールオントロジー

ルールオントロジーとは、ルールを概念とみなし、様々なルール間関係を規定したオントロジーである。ルール間関係としては、ルールの汎用性/地域依存性、ルール優先度、ルールの正当(合理)性などが考えられ、また、ルールモデル(類似ルール群の特徴分析)を構成することにより、新人が判断ルールの世界を深く理解できる可能性が出てくる。

現在、ルールの正当性のみを規定し、その結果ゴール分析木のように、現場判断ルールから経営ゴールまで、手段とゴールの関係が記載されている。このルールオントロジーにより、新人は、その判断を行うための根拠を入手できるのであり、より深いレベルの理解が期待される。また、例外発生時においても、適応的に判断する根拠を獲得することが期待される。

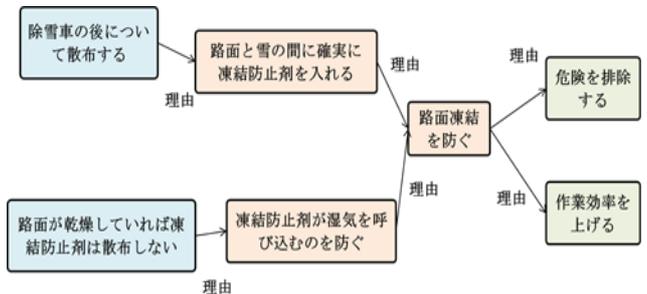


図5 ルールオントロジーの一部

3. システム構成

前節で構築した4種類の知識コンテンツを基盤にして開発した、業務手順から学習を開始する「プロセス型知識継承支援システム」と、および、車や設備という具体物から学習を開始する「設備型知識継承支援システム」について説明する。

(1) プロセス型システム

図6に、階層的にワークフローを学習する知識継承支援システムを示す。単位作業からルール、ルールから関連する情報、例えば、ルールの根拠を参照することができ、興味のあるリンクを辿りながら、学習を進めていくシステムである。

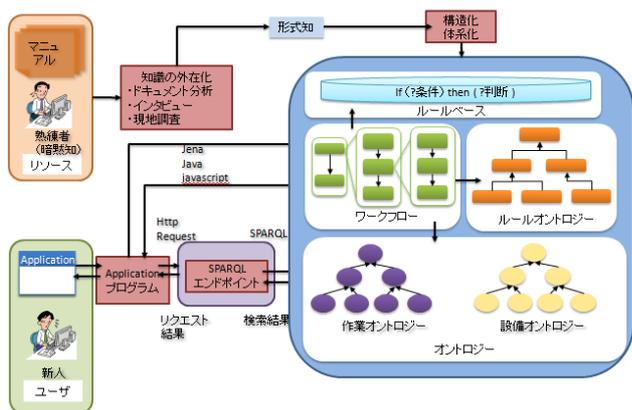


図6 プロセス型システムの構成

(2) 設備型システム

業務プロセスから学習を開始すると、業務の具体的なイメージを把握する事が遅れ、学習効果が小さくなる懸念があったため、設備(除雪車や気象システムなど)から学習を開始する設備型システムも開発した。プロセス型と基本設計は変わらないが、ワークフローではなく、業務で頻繁に使われる設備を中心にリンクを辿り、学習を進めることができる。

また、プロセス型ではワークフローからルール、ルールから関連用語という、一方向で進んだが、設備型では、設備とルールとワークフロー間で両方向に進むことができる。

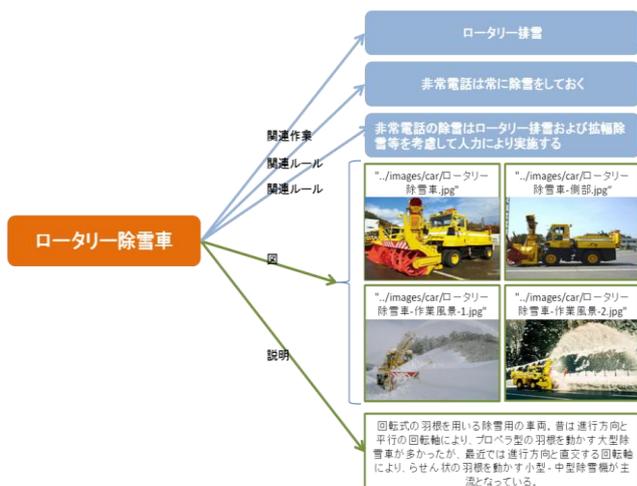


図7 設備詳細を説明するページ

4. システムを用いた研修実験と評価

前節で開発した 2 種類の知識継承支援システムの比較評価を通して、雪氷対策業務を対象にした知識継承支援システムの在り方を検討する。

4.1 プロセス型システムとマニュアルの比較実験

雪氷対策業務経験がない新人 13 名を被験者とし、プロセス型システムによる学習効果を測定するとともに、被験者と熟練者にアンケートを実施し、コメントを得た。

(1) 実験方法

被験者を 3 グループに分類し、各グループで、下記のような異なる形態で、1 時間、雪氷対策業務を学習した。

- ・マニュアルによる学習 (60 分)
- ・プロセス型システムによる学習 (60 分)
- ・マニュアルによる学習 (30 分)
- + プロセス型システムによる学習 (30 分)

1 時間学習した直後に、テストとアンケートを実施した。テストは業務の流れの理解度を測定する問題であり、熟練者と協力して、以下のように問題を作成した。

- ・ワークフロー関連問題: 9 問 (問題例: 除雪作業をしている途中で、圧雪ができた時、どのように対処しますか?)
- ・ワークフローとは独立した問題: 6 問 (問題例: 圧雪が取れやすい時間帯は一般的にはいつですか?)

(2) 実験結果

テストの結果を表1に示す。

表1 各グループの全体と問題種別の正答率

被験者グループ	問題タイプごとの正答率				全体の正答率
	What	When	How	Why	
マニュアル (4名)	30%	30%	50%	50%	32.8%
システム (4名)	45%	50%	100%	81.3%	62.5%
マニュアルとシステム (5名)	60%	60%	100%	75%	61.3%

表1より、プロセス型システムを利用した学習者が、マニュアルを利用した学習者より、約 2 倍の正答率を達成した。あらゆる問題タイプにおいて、プロセス型システムを利用した学習者が、マニュアルを利用した学習者よりも高い得点を獲得した。アンケートの結果は、表 2 に示す通りである。表 1 と表 2 から、4 種類の知識コンテンツを有機的に連携したプロセス型システムが、知識構造度の点で、マニュアルよりかなり優れていることから、新人が業務を理解しやすくなったと考えられる。

表2 マニュアルとシステムのアンケート結果

	良い点	悪い点
マニュアル	・表などの使用で散布剤の種類、除雪作業の判断などは理解しやすかった。	・ある状況下ですべき行動の理由が分からない。 ・対策業務の流れが分からない。 ・重要な部分、要点などがまとまっていない、すべての内容を読まなければ理解できない。 ・図がよく理解できない
システム	・階層構造があるため、自分が見ている箇所がどの位置かわかる。 ・用語がづながって分りやすい、比較がしやすい。 ・除雪作業に関するルールにはどのようなルールがあるか、一瞥で確認できるので分りやすかった。	・最初にどれだけの量を学ぶのか確認できなかった。 ・マニュアルなら大体の量が分かると思う

4.2 設備型システムとプロセス型システムの比較

ここでは、雪氷対策業務経験がない新たな新人 5 名を被験者とし、4.1 と同じく設備型システムを 1 時間用いて雪氷業務を学習し、4.1 と同じテスト問題を利用して、設備型システムの評価実験を実施した。5 名の実験結果と 4.1 プロセス型学習者の正答率を表 3 に示す。

表 3 設備型とプロセス型学習者のテスト結果

	WHAT	WHEN	HOW	WHY
設備	60%	15%	80%	33%
プロセス	45%	50%	100%	81%

表 3 から、WHAT 型問題のみ、設備型システムを利用した学習者の正答率が、プロセス型システムを利用した学習者の正答率を上回ったが、WHEN, HOW, WHY 型問題では、プロセス型システムによる学習効果の方が高かった。

設備型システムでは、業務の具体的なイメージを高めて、学習効果が高まることが期待されたが、雪氷対策業務は、カメラや巡回班の報告を受けながら、除雪車出動などの判断をしていく業務であり、インフラ点検などと比べて、設備を直接操作する業務ではないので、学習効果は上がらなかったといえる。事実、[星野 13]では、高速道路 ETC サーバーの故障診断業務を対象にして同様の知識継承支援システムを開発しているが、WHAT に関連する領域オントロジーが、学習に大きな効果を与えている。

5. おわりに

本稿では、新人が抱く 4 種類の疑問に 4 種類の知識コンテンツ、ワークフロー、ルールベース、ドメインオントロジー、ルールオントロジーを対応させ、それらを連携させた知識継承支援システムを開発し、評価を行った。

社会インフラ保全業務といっても、判断を中心とする業務、設備操作を伴う業務など、業務の性質に応じて、連携方法を変えていく必要があり、検討を進めたい。

参考文献

- [社会インフラ維持管理・更新検討タスクフォース 13] 社会インフラ維持管理・更新検討タスクフォース：社会インフラ維持管理・更新の課題についての対処戦略(案)，土木学会 2013
- [松井 12] 松井信也：ルールベースとオントロジーの統合に基づく知識継承支援システムの開発と評価，2012 年度修士論文，慶応義塾大学大学院理工学研究科開放環境科学専攻，2012.
- [星野 13] 星野恭大：ワークフローとオントロジーの統合に基づく知識継承支援システムの開発と評価，2013 年度修士論文，慶応義塾大学大学院理工学研究科開放環境科学専攻，2013.

謝辞

本研究は、中日本高速道路株式会社からの支援を受けて実施されました。また、評価実験には、中日本高速道路株式会社敦賀保全サービスセンターの方々のご協力を得ました。ここに記し

て感謝します。なお、本学卒業生の松井信也氏には、システムの設計開発に多大な協力を受けましたこと、感謝します。