

構造化マニュアルの適用事例の分析と利用に向けた考察

Consideration of application cases of structured manual and its utilization

西村悟史*¹
Satoshi Nishimura

福田賢一郎*¹
Ken Fukuda

西村拓一*¹
Takuichi Nishimura

*¹ 産業技術総合研究所

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

The authors have proposed the methodology, which is called knowledge explication, to construct qualitative knowledge base (KB). The authors focus on employee-driven approach to construct KB. Knowledge explication method is one of the approach. The constructed knowledge is call structured manual in this context. This manuscript provides clarification of the cases which the authors applied knowledge explication method or structured manuals. The authors also classify the contents of structured manuals which was constructed in each case. The last part of this manuscript shows developing systems for knowledge explication as future prospects.

1. 序論

本稿では、説明できる AI (Artificial Intelligence) システム [DARPA] の実現に向けて、西村らの提案した知識発現 [西村 2017] がどのように貢献し得るかについて論じる。

本研究では、説明を「人間が分かる形で情報を表現したもの」と捉える。具体例としては、移乗介助のやり方を対話文で表現しロボットが発話した音や、楽譜の画像データとそれに重畳するような位置情報を持つように「スラーする」というアノテーション文字列を表現しディスプレイ上に表示した光、などが挙げられる。ここでは、そのような説明を生成することを説明能力と呼ぶ。AI システムが説明能力を持つためには、説明したい内容を持つ必要がある。ここでの内容とは、先の例での「移乗介助のやり方」や「スラーする」に相当するものである。筆者らは、このような内容を専門家から引き出すために知識発現と呼ぶ方法論について研究を進めてきた [西村 2017]。

本稿では、知識発現とその中で用いられる構造化マニュアルの事例を整理する。まず、2 章で現状の知識発現について述べる。続く 3 章にて内容を構造化し、説明を生成するまでに関連する作用について整理する。4 章ではこれまでの知識発現の応用事例を整理する。5 章にて、2 章で整理した作用の計算機による支援について考察し、今後の展望を述べる。

2. 知識発現とは

西村らは、プロセス知識共有のために、図 1 に示す知識発現と呼ぶ方法を提案し、介護現場での検証を行っている [西村 2017]。ここでのプロセスとは、介護業務のための従業員の行為や使用する道具の作用を総称した概念である。この方法は、プロセス知識の共通部分 (以下、共通プロセス知識と呼ぶ) を基盤として、現場固有のプロセス知識 (以下、固有プロセス知識と呼ぶ) を従業員が主体的に記述することに特徴がある。具体的には、2 人以上の従業員が集まり、共通プロセス知識を参照し話し合いながら、自分たちの持つ現場固有の知識を追加したり、必要ない知識を削除したりする。このイベントをワークショップと呼ぶ。現場の従業員が主体的に知識を記述する方法は、従来のインタビューを主体とした知識獲得 [Schreiber 2000] や、大量のデータからの知識発見 [河野 1997] とは異なる概念であるため、

“知識発現”と呼んでいる。

また、知識モデルとして CHARM (Convincing Human Action Rationalized Model) [Nishimura 2013] を用いることで、目的指向でプロセス知識を構造化するという特徴も備える。ここでの構造化とは、知識を構成要素毎に分け、要素間の関係性を表現することである。構造化の結果として大きな目的を達成するために詳細な行為が分解されるという階層性を持つ構造化知識が得られる。ここではそれを構造化マニュアルと呼ぶ。

大きな目的レベル (移乗するや入浴介助する等) では提供サービスに寄らず共通性がある。目的指向でプロセス知識を記述することで、目的レベルでの共通性を利用し、施設や提供サービスごとの相違を吸収することが期待できる。

3. 作用の整理

3.1 概要

図 1 に知識発現の前後で発生する作用 (プロセス) を整理した模式図を示す。ここでは、作用を物の状態変化として捉えているが、それぞれの作用を分けている要因は、状態変化前後で、説明内容を持つ物への注目である。すなわち、作用 A は、人の頭の中などにある暗黙的な知識から構造化マニュアルへの変化であり、作用 B は自然言語文から構造化マニュアルへの変

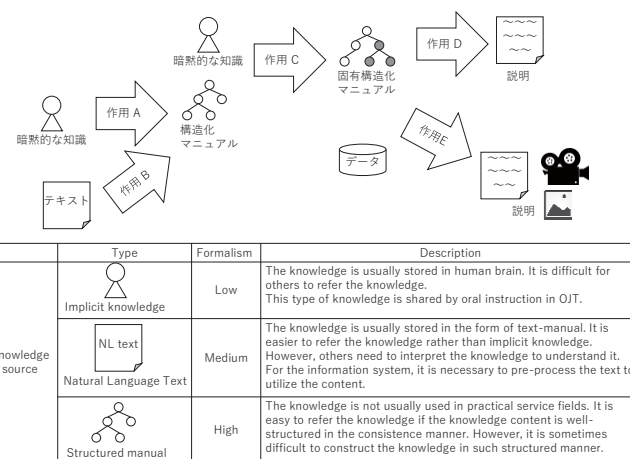


図 1 知識発現に関連する作用

連絡先: 西村悟史, 産業技術総合研究所, 東京都江東区青海
2-4-7, 03-3599-8315, satoshi.nishimura@aist.go.jp

化であり、作用 D は構造化マニュアルから説明への変化である。作用 C は作用 A の特殊概念であり、作用 E は作用 D の特殊概念である。ここで、暗黙的な知識、自然言語文、構造化マニュアルは形式化の度合いで分類しており、それぞれ低い、中程度、高いとした。

3.2 作用 A

作用 A は、人間の中にある暗黙的な知識を構造化マニュアルとして記述することを指す。知識工学の分野では、これはインタビューなどの方法で行われてきた。その作用発揮主体は知識工学者が主であった。

これまでの知識発現の応用においては、作用 A は行われてこなかった。前述の通り、知識発現では共通プロセス知識を構築し、それをもとに現場の専門家が知識を記述する。これまでの応用範囲では、自然言語文で共通プロセス知識が記述されている場合のみであったため、作用 A は必要なかった。今後、共通プロセス知識が明示的でない場合は、従来の知識工学の方法に則って、作用 A を実施することになる。

3.3 作用 B

作用 B は、自然言語文で明示的に記述された内容を構造化マニュアルとして記述することを指す。知識工学の分野では、作用 A 同様に知識工学者が作用発揮主体として行う方法は過去に研究されている。関連研究として、Stanford Open Information Extraction[Angeli 2015]のように、自然言語で書かれた文章から重要語と重要語間の関係を自動的に抽出し、三つ組みに構造化するシステムが開発されている。

一方で、CHARM のように目的指向で手続き的知識を記述することを考えると、自然言語文には明示的に含まれていない中間目的やリスク等の情報が必要となる。計算機システムが作用 B を実施する場合は、このような足りない情報をどのように取得するかが課題となる。

3.4 作用 C

作用 C は、構造化マニュアルと暗黙的な知識を持った人間を入力として、暗黙的な知識を構造化マニュアルに追記することを指す。これは、作用の実施前に既に記述された構造化マニュアルが存在する必要がある点で、作用 A より特殊化された概念と言える。

一般に知識工学で作用 A を実施する過程でこの作用 C は表れる。一度に知識表現が出来上がるわけではなく、計算機が解釈しやすいように明示的に記述された知識表現を見ながらドメインの専門家からフィードバックを得て、知識が整理された知識表現が得られる。その過程は作用 C の一種として位置づけられる。

知識発現も作用 C の一種として位置づけられる。特に、従来研究との違いは、作用発揮主体が現場の従業員であるということである。これにより、継続的に知識表現の改訂の実施が期待できる。

3.5 作用 D

作用 D は、構造化マニュアルとして記述された知識をもとに、形式変換や部分抽出等の加工を通して人間向けの説明を生成することを指す。例えば、構造化マニュアルをリスト形式に表示方法を変えて提示することや、介護サービス利用者の行う行為のように条件に合致する内容のみを抽出して提示することなどが挙げられる。また、一度に情報を提示するだけでなく、インタラクティブな部分抽出を行うことで、チャットや音声対話で説明

を生成するというのもユースケースとして想定できる。5.2 節にて展望を述べる。

3.6 作用 E

作用 E は、構造化マニュアルに加えて現場の保有するデータから、説明を生成することを指す。これは、作用の実施前に現場の保有するデータが存在する必要があるという点で、作用 D より特殊化された概念と言える。

説明として、データが加わることにより、説明される人の理解促進が期待できる。すなわち、現場の保有するデータを構造化マニュアルの“根拠”として提示することで、説得性が増すことが期待される。

関連研究として、画像からキャプションを生成する研究がある[Ushiku 2015]。画像はデータの一例として捉えられるので、これはデータのみからの説明生成と言える。この手法では、構造化された他の言語資源を組み合わせた説明生成は考えられていないが、本研究でこのような手法を採用するためには、どのように構造化マニュアルと関連するデータを計算機が意味処理可能に表現するかが課題となる。

3.7 考察

本章では、知識発現とその前後で現れる作用について整理した。作用 A, B, C は知識工学や知識管理といった分野に属する。これらの分野では、どのように知識を作りだし、明示的に記述するかには焦点が当てられている。一方、作用 D, E は情報抽出やユーザインタフェース、自然言語生成などの分野に属する。これらの作用が示すところは、記述された知識をどのように利用するかには焦点が当てられている。

4. 知識発現と構造化マニュアルの適用範囲

本章では、これまでに行ってきた知識発現と構造化マニュアルの適用分野についてまとめる。

4.1 産業分類に則った分類

表 1 にこれまでに知識発現と構造化マニュアルを適用した事例を示す。産業分類の列には、日本標準産業分類[総務省 2013]の要素を示している。8 種類中、2 種類は業として行うものではないため分類には当てはまらなかった。

日本標準産業分類に当てはめるとこれまでに適用していない分野が多く存在する一方で、医療、福祉業や教育、学習支援業のようなサービス産業だけではなく、建設業や製造業での需要があることも見受けられる。そして、どのような目的で知識発現を用いてきたのかを外観すると、何かの知識を共有、継承することが目的とされていることが分かる。このことから、産業分類に則った分類のみでは、知識発現と構造化マニュアルの適用範囲を明確化することは難しいと考え、記述内容に則った分類についても考察した。

4.2 記述内容に則った分類

記述された構造化マニュアルの内容に基づいた分類を試みる。分類にあたり、[住田 2012]の基底作用、上位作用の考え方を参考にする。基底作用とは、「作用要求者が直接望む作用」であり、上位作用とは、「それを可能にする別の作用」のことである。

(1) 介護

介護分野では、基底作用は、介護サービス利用者(以下、単に利用者と呼ぶ)が生活する行為であると捉える。利用者は生

表 1 日本標準産業分類に則った適用範囲の分類

No.	分野	説明	産業分類
1	介護	マニュアル構築と統一	大分類P 医療, 福祉
2	大学教育	アクティブラーニング時の振り返り支援	大分類O 教育, 学習支援業
3	地域活性化支援	地域の介護予防リーダー育成支援	-
4	共想法	共想法に関する各種ノウハウの整理と記録の関連付け	-
5	建設	施工管理および各種情報の関連付け	大分類D 建設業
6	ごみ処理施設	プラントオペレーションの整理	大分類R サービス業(他に分類されないもの)
7	自動運転	運転行為と法令情報の関連付け	大分類E 製造業
8	ギター演奏	ギター演奏の訓練支援	大分類O 教育, 学習支援業

活するという行為を実施したいが、老化等が原因となり、それを単独で実現することが出来ない。そこで介護士等が、生活する行為を可能にするように介助することが介護行為の主目的であり、上位作用と言える。特にこの上位作用は、「作用主体能力準備上位サービス」に分類できる。この分野では、上位作用の記述に主眼を置いてきた。

(2) 大学教育

大学教育分野では、基底作用は、学生が行う振り返る行為であると捉える。それを可能にする行為として、教員が学習教材を提供する行為があり、それが上位作用として認定できる。つまり、学習教材という基底作用で使用されるものを利用可能にする上位作用として捉え、「永久使用権提供上位サービス」に分類できる。

(3) 地域活性化支援

地域活性化支援分野では、基底作用は、地域の介護予防リーダーが活動する行為であると捉える。介護予防リーダーが活動することは、介護予防リーダーにより構成される組織とその管理行為が必要となる。そのような管理行為がここでは上位作用として認定できる。実際には、介護予防リーダーが組織管理を含めて活動を実施できることが望ましいが、ノウハウの不足等によりできないことが多い。そのため、地域の支援者が介護予防リーダーを支援することが行われる。そのような支援行為は、もう一つ上の上位作用として認定される。介護予防リーダーの組織管理行為と支援者の支援行為は、どちらも介護同様に、「作用主体能力準備上位サービス」に分類できる。この分野では、2つの上位作用の記述に主眼を置いている。

(4) 共想法(認知症予防)

共想法分野では、基底作用は、共想法参加者が自分の認知能力を向上する行為であると捉える。上位作用は、共想法に参加する行為となる。つまり、共想法参加者は、加齢とともに認知能力が減衰するという基底作用を満たせないリスクを排除するために、共想法参加行為という上位作用を実施していると整理することが出来る。この点で、上位作用は、「作用主体能力準備上位サービス」に分類される。また、3の地域活性化分野と同様に、共想法実施者による共想法イベントを成立させるという行為は、共想法参加者が共想法に参加する行為を可能にするという点で、上位作用とみなせる。共想法実施者の行為は、共想法イベントにおいて、共想法参加者の認知能力を向上させる主体を準備していると捉えられるので、「作用主体存在準備上位サービス」に分類できる。この分野では、共想法参加者、実施者それぞれの実施する上位作用に主眼を置いている。

(5) 建設

建設分野では、基底作用は、建設現場における重大事故を減らす行為であると捉える。上位作用は、それを可能にするための観察と判断行為である。すなわち、観察と判断行為により、ミスが予め発見、取り除かれることで、基底作用が実行可能になる。これは、4の共想法参加者の参加行為と似ているが、作用主体の能力を準備しているというよりは、作用発揮を阻害する要因を排除することで、基底作用を可能にしていると認定できる。そのため、[住田 2012]の上位サービスの分類に当てはめるならば、「作用発揮関与物準備上位サービス」に分類される。この分野では、上位作用の記述に主眼を置いた。

(6) ごみ処理

ごみ処理施設分野では、基底作用は、プラントを操作する行為と捉える。ここでは、プラントを操作するという作用要求者の要求する作用がそのまま実施されているので、上位作用は考えない。この分野では、基底作用の記述に主眼を置いた。

(7) 自動運転

自動運転分野では、基底作用は、A地点からB地点へ移動することであり、上位作用は考えない。6のごみ処理分野同様に基底作用の記述に主眼を置いた。

(8) ギターの演奏

健康増進分野のギターの演奏行為[Iino 2017]については、基底作用が、ギタリストによる演奏行為と捉える。これは、6、7と同様に上位作用は考えない。これら3つの分野は、行為やサービスの記述というよりも機械的な操作や機能の記述を行ったものとして分類できる。この分野では、基底作用の記述に主眼が置かれている。

4.3 考察

まず、日本標準産業分類に従って適用分野の分類を試みたが、産業として認定されない分野も見られるため、分類しきれない事例があった。また、分野をまたがっていても、記述内容には共通性があるように思われた。そこで、次に、[住田 2012]で述べられている、基底作用、上位作用の分離に基づいて、記述内容から分類を試みた。結果として、事例(3)、(4)に見られるように、基底作用、上位作用の1階層のみの整理ではなく、多段に階層を考慮できる内容もあった。これは、被支援者と支援者がそれぞれ実行主体となる作用間の相互作用を表していると考えられる。特に、被支援者の行為を阻害するリスク要因を支援者が取り除いている構図があることが想定される。

5. 知識発現の応用システム

3章で述べたように、知識発現の前後で大きく分けて5つの作用がある。それらを支援するためのシステム開発について展望を述べる。特に、作用A、B、Cと作用Dに着目する。

5.1 知識発現支援システム

作用A、B、Cを支援することを目的として、kKnowledge eXplication augmentaR (kNeXaR)と呼ぶシステム[Nishimura 2016]を開発中である。現状では、簡易なオントロジー構築機能とそこで定義された用語を用いて手続き的知識を構造化マニュアルとして構築する機能を実装している。スロットフィリングによって、入力可能な情報に制約を与えることで構造化マニュアルの構築が可能となっている。将来的には、発想支援や関連情報の推薦、オントロジーの情報を用いた無矛盾性の検証等の拡張を考えている。

5.2 知識ベース対話システム

作用 D を実施するシステムとして、対話ロボットを用いたシステムについても考察を進めている。以下に、[Jokinen 2018]に示された対話例の和訳を載せる。

- U: こんにちは、ゆき！
 N: こんにちは、Kristina! 何か手伝えることはありますか？
 U: ええと、体位変換について手伝ってもらいたいです。
 N: はい、体位変換ですね。どのように体位変換したいですか？
 U: 座位に変えたいです。
 N: はい、利用者さんの身体状態は確認しましたか？
 U: はい、意識ははっきりしていて、ベッドで横になっておられます。
 N: はい、では、私の指示に従ってください。準備が良ければ、おっしゃってください。
 U: 準備できています。
 N: はい、まず、水平に利用者さんを移動します。それが終わったら、次とおっしゃってください。
 U: 次を教えてください。
 N: はい、利用者さんを抱えて、水平に押しながら移動してください。その際に頭を支えてください。次に、利用者さんが適性に座れているかと気分が良いか確認してください。
 U: 少し待ってください。
 N: はい、ごゆっくりどうぞ。
 U: ご利用者さまがきちんと座れました。
 N: はい、気分はよさそうですか？
 U: はい、気分もよさそうです。
 N: はい、素晴らしいです。これで体位変換は終わりです。

ここで、U は対話ロボットと対話しているユーザ、N は対話ロボットを指す。対話で用いる介助に関する知識は構造化マニュアルとして記述されている。このような対話を実現するためには、構造化マニュアルに記述された文字列を抽出するだけでなく、文脈に応じて語形を変換することや、ユーザの発話からキーワードを抽出し、それに基づいて適切な文字列を返却するような検索モジュールの開発が必要となる。

6. 結論

本稿では、西村らが提案した知識発現[西村 2017]の取り組みについて整理した。まず、知識発現を中心として、どのような作用がなされるのかを整理した。そして、これまでの適用範囲について、それが属する産業分野と、記述された内容から分類を試みた。最後に、今後の展望としてのシステム開発について述べた。

今後の展開として、知識発現を円滑に進めるためのノウハウを整理し、知識発現支援システムへの実装を進める。また、構造化マニュアルを OWL (Web Ontology Language)¹等の標準言語を用いて形式化することで、既存の推論機構を援用し、無矛盾性検証など、構築支援についても検討を進める。同時に、形式化の議論は応用を伴って進めるべきものであるため、対話システムへの利用のしやすさの観点で議論を進めたい。

謝辞

本研究の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務および、JSPS 科研費 16K16160 の助成を受けたものです。

参考文献

- [DARPA] David Gunning: Explainable Artificial Intelligence (XAI), <https://www.darpa.mil/program/explainable-artificial-intelligence>. (accessed: 2018.02.20)
- [西村 2017] 西村悟史, 大谷博, 畠山直人, 長谷部希恵子, 福田賢一郎, 來村徳信, 溝口理一郎, 西村拓一: 現場主体の“知識発現”方法の提案, 人工知能学会論文誌, Vol. 32, No. 4, p. C-G95_1-15, 2017.
- [Schreiber 2000] Schreiber, G., Akkermans, H., Anjewierden, A., Hoog, R. D., Shadbolt, N. R., Van de Velde, W., and Wielinga, B. J.: Knowledge Engineering and Management the CommonKADS Methodology, MIT Press 2000.
- [河野 1997] 河野浩之: データベースからの知識発見の現状と動向 (<特集> 大規模データベースからの知識獲得), 人工知能学会誌, Vol. 12, No. 4, pp. 497-504, 1997.
- [Nishimura 2013] Nishimura, S., Kitamura, Y., Sasajima, M., Williamson, A., Kinoshita, C., Hirao, A., Hattori, K., and Mizoguchi, R.: CHARM as activity model to share knowledge and transmit procedural knowledge and its application to nursing guidelines integration, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 17, No. 2, pp. 208-220, 2013.
- [Angeli 2015] Gabor Angeli, Melvin Johnson Premkumar, and Christopher D. Manning: Leveraging Linguistic Structure For Open Domain Information Extraction. In Proceedings of the Association of Computational Linguistics (ACL), 2015.
- [Ushiku 2015] Yoshitaka Ushiku, Masataka Yamaguchi, Yusuke Mukuta, and Tatsuya Harada. Common subspace for model and similarity: Phrase learning for caption generation from images. IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), pp.2668-2676, 2015.
- [総務省 2013] 日本標準産業分類, http://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/index/seido/sangyo/02toukatsu01_03000023.html. 2013. (accessed: 2018.02.20)
- [住田 2012] 住田光平, 來村徳信, 笹嶋宗彦, 高藤淳, 溝口理一郎: オントロジー工学に基づくサービスの本質的性質の考察, 人工知能学会論文誌, Vol. 27, No. 3, pp. 176-192, 2012.
- [Iino 2017] Nami Iino, Satoshi Nishimura, Ken Fukuda, Kentaro Watanabe, Jokinen Kristina, Takuichi Nishimura: Development and use of an Activity Model based on Structured Knowledge - A music teaching support system -, The 5th International Workshop on the Market of Data, pp. 1-6, 2017.
- [Nishimura 2017] Nishimura, S., Fukuda, K., and Nishimura, T.: Knowledge Explication: Current situation and future prospects, IJCAI 2017 Workshop on: Cognition and Artificial Intelligence for Human-Centered Design, pp. 1-7, 2017.
- [Jokinen 2018] Jokinen, K., Nishimura, S., Watanabe, K., Nishimura, T.: Human-Robot Dialogues for Explaining Activities, International Workshop on Spoken Dialog System Technology, pp. 1-10, 2018.

¹ <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/>