

作業手順内の行為の目的を表出し構造化する方法の提案 ——介護現場での目的指向知識構造化

伊集院 幸輝^{1,a)} 小早川 真衣子^{1,2} 飯野 なみ^{1,3,4} 西村 拓一¹

受付日 2021年4月15日, 採録日 2021年10月8日

概要: 熟練者の高齢化を背景に, 介護業務などのサービス業や製造業の分野においては, 熟練者の知識を集約し, 人材育成やヒューマンエラーの予防に活用する技術が求められている. マニュアルによる知識共有は進められているが, 熟練者の知識 (行為の目的など) は十分に含まれておらず, それらを獲得し共有できる仕組みを構築することが急務である. そこで本研究は, 作業手順内の行為の目的を表出し構造化する方法を提案した. まず既存のマニュアルなどから作業手順を構造化し, 作業手順知識を構築する. この作業手順の中の各行為の目的を介護士が話し合い, 構造化し目的指向知識を構築する. その後, 複数の作業を目的ベースで振り返り, 共通理解を深める. これらの作業手順知識と目的指向知識の構築と振り返りを一連の流れとした知識構造化手法を, 複数の介護業務 (食事介助, 排泄介助, 入浴介助, 移乗介助) に関して実施した. この方法を用いた知識構造化ワークショップを実施した結果, 介護士が大事にしている, または新人教育で伝える必要のある目的が表出され, 作業手順知識と目的指向知識を構築することができた.

キーワード: ナレッジグラフ, 目的指向知識, 知識工学, 気づき支援

Methodology of Structuring Knowledge by Discussing Purposes of Each Action in Procedure-based Knowledge Graph: Structuring Purpose-based Knowledge Graph with Care-giving Experts

KOKI IJUIN^{1,a)} MAIKO KOBAYAKAWA^{1,2} NAMI IINO^{1,3,4} TAKUICHI NISHIMURA¹

Received: April 15, 2021, Accepted: October 8, 2021

Abstract: The needs of acquiring the knowledge at manufacturing industry and service site are growing due to the aging society that the experts are retiring employment. There are several trials to share the knowledge with work manual or instructions, although the knowledge of the experts such as purpose or decision-making rules of experts are still not obtained. This paper proposed a new method of collecting and articulating that knowledge using two separated knowledge graphs, procedure-based and purpose-oriented knowledge graphs. The proposed method was aimed to link the multiple purposes to a single action node in procedure-based knowledge graph. Therefore, in this study, we proposed a method of expressing and structuring the purpose of actions in the work procedure. The first step is to structure the work procedure from the existing manual and other sources, and build up the work procedure knowledge. In this step, the purpose of an action in the procedure is considered and structured to build purpose-oriented knowledge. This step is done for all work procedures, and each purpose-oriented knowledge is fused. After that, look back on multiple tasks on a purpose-based basis and deepen a common understanding. As a result of conducting a knowledge structuring workshop using this method, it was possible to construct work procedures and purpose-oriented knowledge, and to express and structure the purposes that the field members felt meaningful which they felt the importance from purpose-oriented knowledge.

Keywords: knowledge graph, purpose-oriented knowledge, enhance insight, knowledge engineering

1. はじめに

製造業やサービス業において、マニュアルを構築し、作業手順の標準化や人材育成 [11] の効率化、ヒューマンエラーの予防を図ることは重要である [15]。このために、動画や写真を活用し、分かりやすく構築しやすいテンプレートを用意したマニュアル構築システムも多数存在している [5]。これらのシステムでは、フォルダで階層的に整理されタグを付与することで検索も強化されている。

知識工学の分野では、整合性と再利用性を高めるため、知識工学、知識表現あるいはセマンティック技術の技術を活用した計算機可読の知識構造化の研究が進められている [4]。この知識構造化手法は、作業内の行為を目的指向で階層的に記述する記法をオントロジで規定することで、計算機可読性を実現した。その際、各行為を名詞1つと動詞1つで記述したり、行為間の連結規則を明確化したりすることで、現場従業員も読みやすい構造化知識となっている。しかし、4章で述べるように実際に構築された知識を分析したところ、ほぼ作業手順のみが記述されており、作業中の各行為が持つ目的に関する記述は少なかった。また、目的指向で作業手順を作成していたため、現場従業員が目的を中心に構築すると手順が書きにくくなるなど混乱した場面もあった。

一方、小林 [15] は、マニュアルは作業手順だけでなく、各行為の目的も記載することが重要であるとしている。特に知識を多量に覚えるより、状況に応じて考える力を伸ばす方が重要という文献もある [2]。実際、少量多品種の製造や設計作業、様々な顧客へのきめ細かい対応が求められる介護サービスなどの作業では、マニュアルの構築負荷が大きく、未知の状況が想定できずマニュアルが作れない場合もある。このような場合に、手順だけでなく、各行為の目的が記載されていれば、状況に応じて別の方法を考案することが可能となるだろう。また、複雑な作業の丸暗記は困難であるものの、各行為の目的を明確に理解できれば、作業の抜けやもれが起きにくくなると考えられる。

そこで、本研究では、作業手順内の行為の目的を表出し構造化する方法を提案する。本手法は、まず既存のマニュアルなどから作業手順を構造化し、作業手順知識を構築す

る。この作業手順の中の各行為の目的を介護士が話し合い、構造化し目的指向知識を構築する。その後、複数の作業を目的ベースで振り返り、共通理解を深める。これにより、従来 [13] に比べて、現場従業員が行為の目的を表出し構造化しやすくなる。

本論文は、提案手法を用いて、介護現場での熟練介護士が持つ知識の構造化を実施する。熟練介護士の協力のもと、提案手法に則り、介助業務4件について、それぞれ作業手順知識、目的指向知識を構築し、構築した知識が熟練介護士にとって重要であるかの主観評価を行い、提案手法の効果と現場での実用可能性について検討する。提案手法を用いて構築する知識は、構造化による可読性の向上とともに、既存のマニュアルに記述されていない作業内容や、作業を実施するうえで熟練介護士が大事にしている目的意識を構造化することで、より現場の実態に沿ったマニュアルの構築や介護施設での新人教育に活用してもらうことを目的としている。

本論文は、2章で関連研究と本論文の位置付けを述べ、3章で新たな知識の構造化方法を提案し、構造化を支援するシステムを構築する。4章で、提案方法の有効性を評価するために知識構造化ワークショップの実施方法と詳細結果を示し、5章で支援システムも含めた本提案方法を考察する。6章でまとめと今後の予定について論じる。

2. 関連研究

本章では、知識工学をはじめとする知能情報学の分野における関連研究を概観し、本提案の位置付けを明確にする。

2.1 領域知識の獲得

知識には、暗黙的なもの、明示的なもの、宣言的なもの、手続き的なもの、条件付きのもの、個人的なもの、集団的なものなど、様々な形態がある [7]。最も一般的なものは、暗黙的なものと明示的なものであり、ナレッジマネジメントの分野では「形式知」と「暗黙知」と定義されている。形式知は、一般的に言語・数字・図表などの一連のシンボルで明示的に記述されるため活用しやすい。一方、暗黙知とは人間の思考、考察、経験から生まれるメタリソースと定義されており [9]、形式知へ知識変換するためには、SECIモデル [10] のような個々人の共通体験の共有を通じた暗黙知の外化プロセスが必要となる。特に、介護などの技能伝承を課題とする領域にとって、暗黙知の獲得や知識の構築が意識共有に不可欠である。

介護領域には、一般的な業務内容を網羅したマニュアルが存在する [17], [18]。しかし、実際の介護現場で実行される知識やノウハウを記述しようとすると、施設や従業員ごとに作業手順が異なることがある。このような問題をふまえて、マニュアルに基づいて共通となる介護行為に関する知識を記述し提供することで、作業従事者が主体となって

¹ 産業技術総合研究所人間拡張研究センター
Human Augmentation Research Center, AIST, Kashiwa,
Chiba 277-0882, Japan

² 千葉工業大学
Chiba Institute of Technology, Narashino, Chiba 275-0016,
Japan

³ 国立情報学研究所
National Institute of Informatics, Chiyoda, Tokyo 141-8430,
Japan

⁴ 理化学研究所革新知能統合研究センター
RIKEN Center for Advanced Intelligence Project, Chuo,
Tokyo 103-0027, Japan

a) koki-ijuuin@aist.go.jp

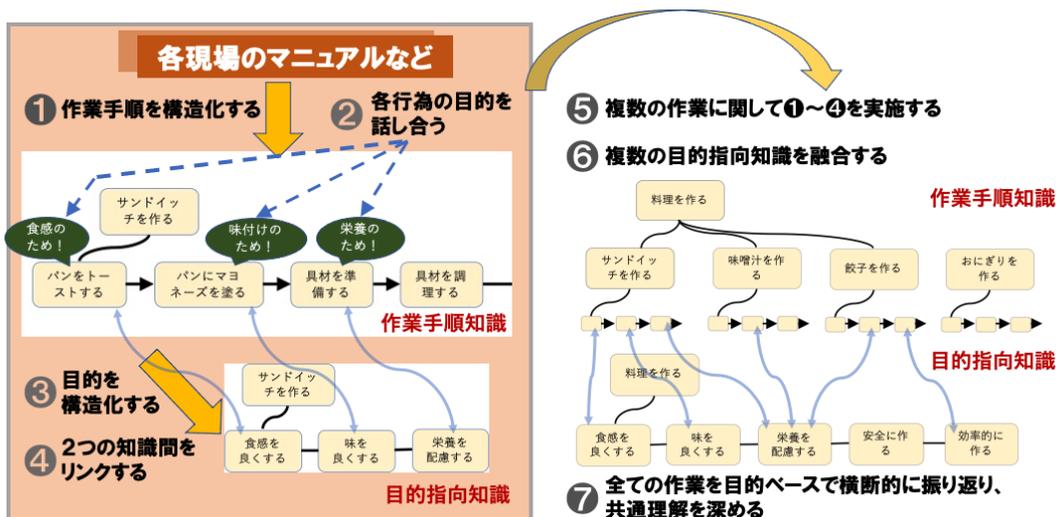


図 1 行為の目的を表出し構造化する方法 (例: 料理)

Fig. 1 Methodology of structuring purposes from procedure-based knowledge (Figure shows the example of cooking).

固有の知識（暗黙知）の獲得を可能とする“知識発現”という手法が提案されている [12], [13]. この手法は複数の介護施設で効果検証がなされており, 十分に言語化できていなかった固有の知識の獲得など, 知識の量的・質的側面において有用性を示している. 本研究でも介護現場を対象としていることから, 知識発現の手法に倣い, 現場の介護士から直接知識を獲得し, 構築していく手法を採用する.

2.2 知識の表現方法

知識の構築において, 獲得した知識をどのように提示するかも重要な問題である. 行為や作業のような手順や対象を含む知識を扱う場合は, 知識間の関係性を直感的に理解できる表現方法が求められる. たとえば, ビジネス分野におけるプロセス記述の標準には, Business Process Model Notation (BPMN) [3] や Unified Modeling Language (UML) [6] がある. 特に, BPMN のレベル 1 (記述モデル) は, 「業務実務者の合意形成や, システム構築者に必要な情報を伝える道具として利用できる. 数少ない記号と注釈文によって, だれでも簡単に作成できて, 分かりやすい表記」[3] であり, 標準化されて世界的に活用されている. なお, この言語モデルに基づいた知識の表現方法を確立するために, オントロジック的アプローチによる多次元ビジネス知識ベース (MBK BASE) を構築する研究 [7] も行われている.

また, 先述した知識発現では, 作業に関するデータが計算機可読な状態で存在していない問題を解決すべく, 現場従業員が作業工程における行為の目的を明確にする従来手法として, 目的指向で行為を構造的に記述する知識表現モデル “CHARM” [4] が用いられた. CHARM は, 知識を行為と目的という視点でとらえ, ある行為を, それを達成するために必要な行為の系列に分解することで, 行為間の目的達成関係を記述する. 図 2 に, CHARM の記法を示す.

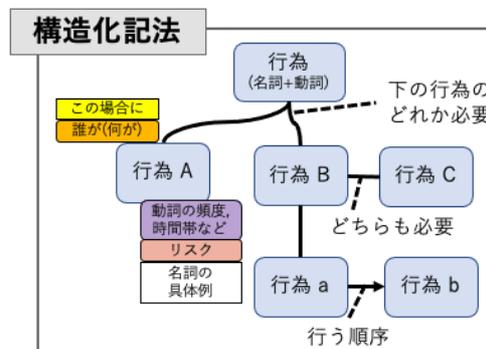


図 2 業務手順内の行為を構造化する記法

Fig. 2 Syntax of CHARM (Convincing Human Action Rationalized Model).

CHARM では, 上位層の行為ノードを達成するために下位層の行為ノードを行う, といった構造になっており, それぞれのノードに属性として条件や行為者などを記述できる. その結果, 各行為の目的の把握を容易にする. しかし CHARM の構造上, 構築された知識は結果として 1 つの行為の目的は 1 つしか作られてない. 実際には, 複数の目的が存在し, その理解が熟練者と新人との違いであるとの知見が得られている. 具体的には, 行為に内在する意味や理由などを理解していないために, 作業を機械的に行うだけで必要な行為が抜け落ちており, 応用が効かないという問題が生じている [14]. これらのことから, 本研究では, 従業員同士が齟齬なく知識を共有し, 構築する際に, なぜその行為やプロセスが必要なのかといった行為に対する意味づけや複数の「目的」の構造化を可能とすることが重要であると考え, そのための知識構造化手法を提案する.

2.3 知識表現における最新技術

近年, 知識表現においてナレッジグラフ [8] と呼ばれる,

様々な情報を連携し意味的に相互接続する知識ベースが注目されている。その基本的な構造は、人間と機械の両方にとって、知識の理解、推論、解釈の向上を目指したものであり、検索結果の多様性の確保と品質向上が実現できる。昨今あらゆる領域のデータ分析において主要な手段として使用されている。文献 [1] では、7つの領域（医療、教育、ICT、科学・工学、金融、社会・政治、旅行）に関連する学術的な研究から得られた最先端のアプローチを調査している。なかでも医療領域においては、昨年パンデミックを引き起こした新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の影響により、膨大かつ異質なデータから有用な知見を導き出すための技術的手段としてナレッジグラフが期待されている。

3. 行為の目的を表出し構造化する方法の提案

3.1 提案方法の7ステップ

本節では、作業手順の各行為の目的を表出し、構造化する方法を提案する。本方法は、図 1 に示すように7つのステップで構成される。

3.1.1 ステップ1：作業手順を構造化する

製造業、サービス業、ともに作業の手順を項目別に記したマニュアルが存在することが多い。このステップでは、これらのマニュアルから図 2 に示す構造化方法で知識を構造化していく [13]。この図の最上段にある行為は、行為 A か（行為 B と行為 A）のどちらか（OR）を行うことで実現できる。行為 B と行為 C はどちらも必要（AND）である。行為は、基本的に「名詞+動詞」で書く。また、左手の行為 A に書いてあるように、この行為を行う条件（黄色）、主体（オレンジ）、動詞の説明（紫）、リスク（ピンク）、名詞の具体例（白）を分けて記述する。通常のマニュアルは、1つの文に複数の行為が入っていたり、主語が割愛されたりする場合もある。そのため、このように構造化を行うことで、作業手順が明確になる。

なお、既存のマニュアルが現場の実業務と乖離していた場合、現場を熟知した専門家（以下、現場メンバ）で議論して最新の作業手順を構築する。メンバにより手順が異なる場合は、合意がとれた作業手順を1つ構築する場合や、条件により複数の作業手順を作る場合がある。図 1 左図で用いた料理の例では、作業手順知識の「サンドイッチを作る」という目的を達成するためには、「パンをトーストする」「パンにマヨネーズを塗る」などの一連の行為がすべて必要であることを示している。

3.1.2 ステップ2：各行為の目的を話し合う

作業手順内の各行為の目的を話し合う。目的がすぐに分からない場合は、各行為にまつわる体験を共有したり、その行為をしない場合にどうなったりするかを考える。具体的には、作業手順の1つ1つの行為に関して、「この行為の目的は何ですか?」「この行為をしないとどうなります

か?」「この行為にまつわる体験を話してください」「どんな想いでこの行為を行っていますか?」などの問いをお互いに出すと目的が見えてきやすい。このステップでは、メンバ間の体験や想いが共有され、作業に対する理解が深まったり、他のメンバの出来事を擬似体験したりする場合もある。

3.1.3 ステップ3：目的を構造化する

複数の目的が出てきたら、それらの目的を図 2 の方法で構造化する。図 1 の左の例では、「サンドイッチを作る」ためには、「食感を良くする」「味を良くする」「栄養を配慮する」ことすべてが必要であることを示している。この構造化を進める際には、「この目的は、他の目的と関係ありますか?」「より広い目的はありますか?」などの問いを出し合い、当該メンバが納得いくよう構造化していく。

3.1.4 ステップ4：2つの知識間をリンクする

ステップ1で構築した作業手順知識とステップ3で構築した目的指向知識の各行為の間のリンクを作成する。図 1 の例では、作業手順知識の「パンをトーストする」という行為は「サンドイッチを作る」ために必要であるとともに、目的指向知識の「食感を良くする」という行為にもリンクされており、この目的もあることが分かる。このように作業手順には、書かれにくい各行為の目的が記述され、作業手順内の行為とリンクされる。

3.1.5 ステップ5：複数の作業に関してステップ1~4を実施する

現場メンバは通常複数の種類の作業を実施している。図 1 の料理の例では、味噌汁、餃子なども作るための作業手順が存在する。そこで、これらの複数の作業に関してステップ1~4を行い作業手順と目的指向の知識を構築する。

3.1.6 ステップ6：複数の目的指向知識を融合する

複数の作業について構築した目的指向知識を融合する。たとえば、図 1 の右のように「栄養を配慮する」という目的は、「サンドイッチを作る」「餃子を作る」など複数の行為の共通の目的となっている。この融合は、作業を構造化するたびに順次進めることもできる。ただ、この場合は、ステップ2で、まず既存の目的指向知識を参照せずに各行為に向き合って目的を探り出し、その後、参照することが望しい。これにより新たな目的を表出できる。この融合作業において他の作業の目的を参考にすることで、気づかなかった行為の目的を発見することも可能となる。

3.1.7 ステップ7：すべての作業を目的ベースで横断的に振り返り、共通理解を深める

目的指向知識の各行為について、各作業のどの行為の目的になっているか、横断的に検討する。

3.2 知識構造化を支援するシステム kNeXaR

従来、知識を構造化する際にパワーポイントや紙面で構築していた [13]。しかし、構造化記法から外れたり、再利用

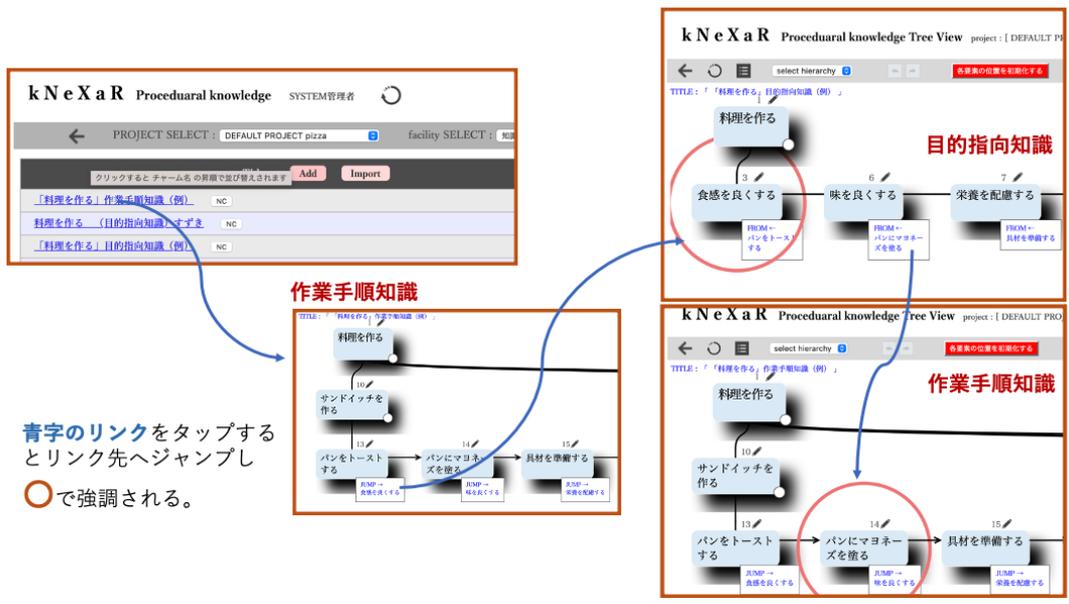


図 3 知識構造化支援システム kNeXaR の画面遷移
Fig. 3 Screen transition of kNeXaR.

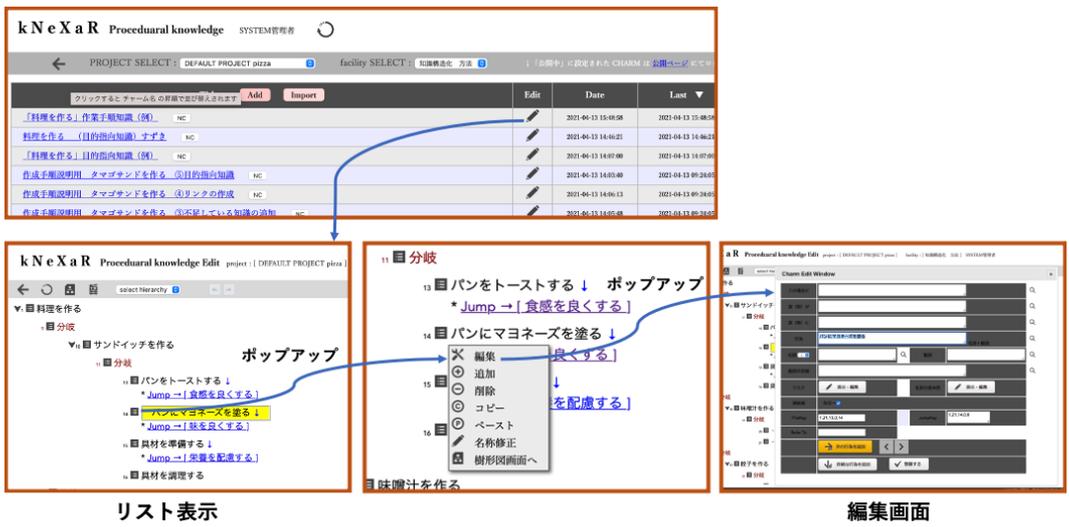


図 4 知識構造化支援システム kNeXaR の画面遷移 2
Fig. 4 Detailed screen transition of kNeXaR.

性が困難となったりすることが課題であった。また、計算機可読性を出すために RDF などへの変換を手作業で行っていた。そこで、知識構造化を支援するシステム kNeXaR (kNnowledge eXplication augmentedR) [16] を利用した。

図 1 の右の知識を kNeXaR で構築し、その画面遷移を図 3 に示す。左上のように kNeXaR では複数の知識を構築できる。「料理を作る」作業手順をタップするとグラフ表示される。この中の「パンをトーストする」という行為の右下の JUMP をタップするとリンク先へジャンプできるようにした。右上の図のように「パンをトーストする」目的は「食感を良くする」ことが分かる。この行為の右手の「味をよくする」の右下をタップすると、作業手順内の「パンにマヨネーズを塗る」という行為の目的であることが分かる。このように kNeXaR によって 2 つの知識間を

移動しながら各行為への理解を深めることが可能である。なお、各行為の右下の円をタップすると、その下の行為が非表示となり、再度タップすると表示される。この機能により、グラフの必要部分を表示できワークショップや理解促進に役立つ。

また、図 4 には、知識構築時の流れを示す。Edit の欄の鉛筆マークをタップすると、その知識がリスト表示される。このリスト表示は通常のマニュアルの形式に類似しており、人によってリスト表示の方が読みやすい人とグラフ表示の方が理解しやすい人がいるため、どちらも表示可能とした。このリスト表示において、編集したい知識の左にあるノートのマークをタップすると、「編集」「追加」などのメニューがポップアップされる。この図では、「編集」を選べると右下の図のように当該ノードの各項目を CHARM

形式で入力できるようになる。ほかにも検索機能など実装している。

次章では、提案方法と kNeXaR を用いた検証実験に関して述べる。

4. 知識構造化ワークショップによる提案方法の検証実験

4.1 実験概要

提案方法による知識獲得・知識構造化の有効性を検証するため、介護老人保健施設社会医療法人財団董仙会和光苑の従業員にご協力いただき、複数の業務について前章の方法に則り実施した。本検証実験では、従業員とファシリテータによる、ワークショップ形式での作業手順知識の構築、目的指向知識の構築を行った。本検証実験で対象とした業務は、「食事介助」「入浴介助」「移乗介助」「排泄介助」の4つと設定した。また、本検証実験では、ステップ1からステップ4までを、それぞれの介助業務について実施した。

検証実験の設定について、表1に示す。ワークショップの参加人数は、見学していた事務職の従業員も含め1回のワークショップあたり3人から6人であり、複数のワークショップに参加した従業員も存在した。外部ファシリテータとして、2人の研究者が参加し、前述のステップに則り従業員に対して質問を行い、知識構築を補助した。また、

2件のワークショップについては、外部ファシリテータの介入なく、従業員のみでの実施も行っている。その際、事務局の従業員が外部ファシリテータの事前にステップと質問についての指導を行っていた。

ワークショップの実施回数について、介助業務ごとに異なる。これは、ステップ4までを達成するために要する時間が異なり、ワークショップに参加した従業員による構築した知識への合意が得られるまでワークショップを複数回実施したためである。要因として、既存のマニュアルが現場で実際に行われている手順と乖離していたため、作業手順知識の修正に時間を要したことや、ワークショップで構

表1 ワークショップ形式による検証実験の概要

Table 1 Features of experiments.

	実験環境
時間	1回あたり約90分
参加人数	1回あたり従業員：3~6人 外部ファシリテータ：0人、または2人
実施回数	食事介助：4回 入浴介助：2回 移乗介助：2回（ファシリテータなし1回） 排泄介助：2回（ファシリテータなし1回）
実施内容	作業手順知識の修正 目的指向知識の構築 構築した知識に関するアンケート評価

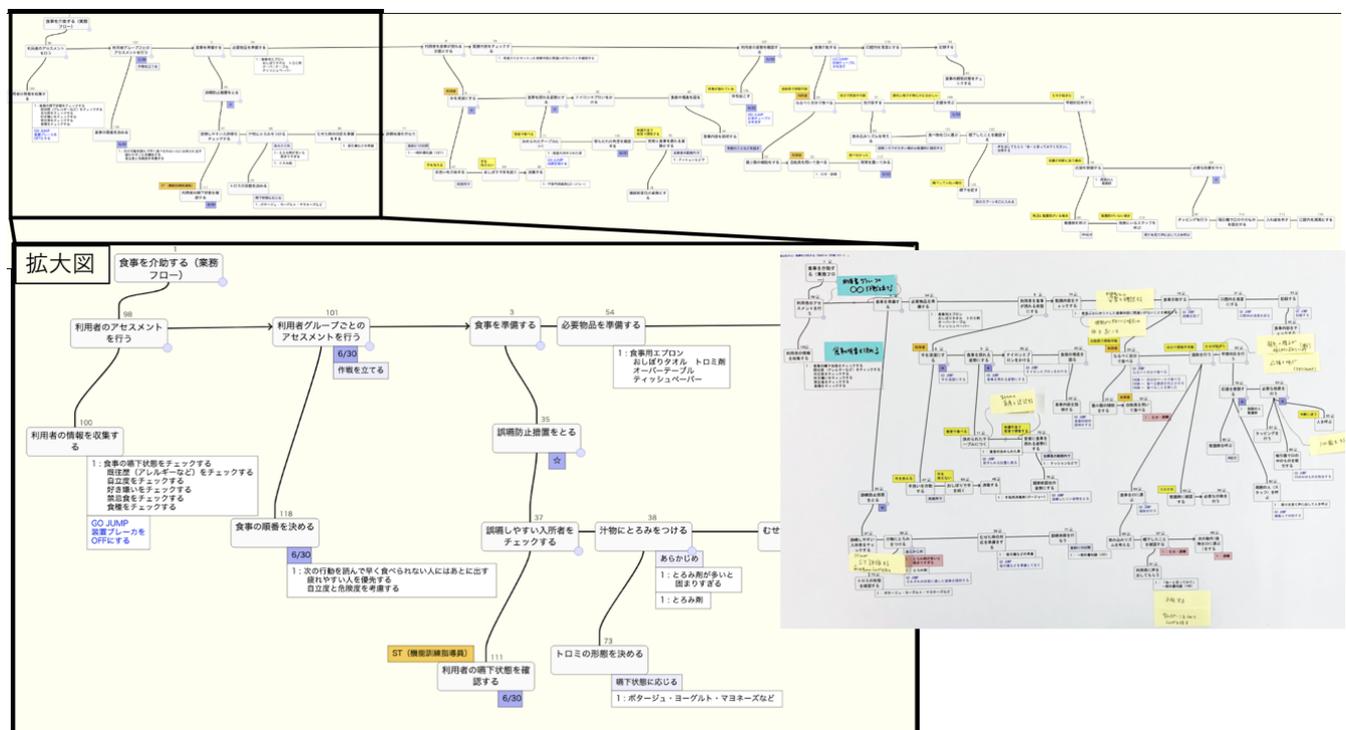


図5 食事介助に関する作業手順知識。図上部に作業手順知識の全体像、左下に一部の拡大図、右下に知識構造化ワークショップで用いた作業手順知識の印刷版

Fig. 5 Structured knowledge of meal assistance (above: an overview of the knowledge, bottom-left: enlarged figure, bottom-right: poster and post-it of knowledge created through the workshop).

築した目的指向知識について従業員から十分な記述ができていないという意見があったためである。

以下に、検証実験の詳細について記述する。

4.2 作業手順の構造化

現場での知識獲得・知識構造化の事前準備として、協力先の介護施設で構築された既存のマニュアルをもとに研究チームで作業手順知識の構築を行った。それぞれの業務について、産業技術総合研究所で開発した知識構造化を支援するシステム「kNeXaR」を用いて、研究チームで作業手順知識を構築した。食事介助に関する知識を図5に示す。



図6 知識構造化ワークショップの様子。図中で着席している人物のうちオレンジ色の衣服が介護士、その他がファシリテータとして知識構造化ワークショップに参加している

Fig. 6 Overview of the knowledge structuring workshop. People in the orange clothes are caregivers and others are the facilitator or the observers.

表2 各介助業務における知識構造化ワークショップ(表中WS)実施前後の作業フローのノード数と、ワークショップにより変更されたノードの数

Table 2 Numbers of nodes in procedure-based knowledge for each caregiving task.

	食事介助	入浴介助	移乗介助	排泄介助
WS 実施前ノード数	32	95	21	76
WS 実施後ノード数	55	127	71	95
追加ノード数	29	35	56	24
削除ノード数	6	3	6	5
置換ノード数	1	4	0	2

あらかじめ用意した作業手順知識について、介護施設の従業員とともに現場に即した手順に修正した。1つの介護施設であっても、従業員や介助対象者に応じて作業手順が異なるため、従業員の中で必須となる作業を重視し記述した。作業手順知識の修正の際には、事前に構築した知識をA1サイズに拡大印刷し、その上にポストイットや筆記具を用いた紙ベースでの知識構造化ワークショップを実施した。図6に知識構造化ワークショップの様子を示す。知識構造化を複数回に分けて実施したワークショップでは、そのつど修正して印刷し活用した。

表2に、それぞれの介助業務について、作業手順知識の修正前後におけるノードの変更数を示す。業務ごとに既存のマニュアルの文量が異なっていたため、増加量についてばらつきがあるが、すべての業務について既存のマニュアルでは記述されていなかった行為が存在していたことが明らかになった。

4.3 目的指向知識の構築

作業手順知識の行為に着目し、従業員が行為を実行する際の目的や意図、それにともなった体験についての話し合いを行った。その際、ファシリテータは前節に記述したような質問を行い、従業員それぞれの持つ目的を聞き出した。その結果、「介護対象者を見守れる位置に座らせる」「食べることを楽しませる」「チームワークをよくする」などといった目的が見られた。

その後、得られた目的の階層関係について議論を行い、構造化した。その結果、「介護対象者の安全管理を行う」「介護対象者の生活意欲を向上させる」「チームケアを実現する」といった、上位層の目的で階層化することができた。図7に構築した知識を示す。

表3に、検証実験を通じて得られた目的指向知識のノード数を示す。排泄介助については、既存のマニュアルが古く、介護施設で用いる器具や環境と大きく異なり、作業手順知識の修正を行うことに注力したため、目的指向知識の構築に至らなかった。

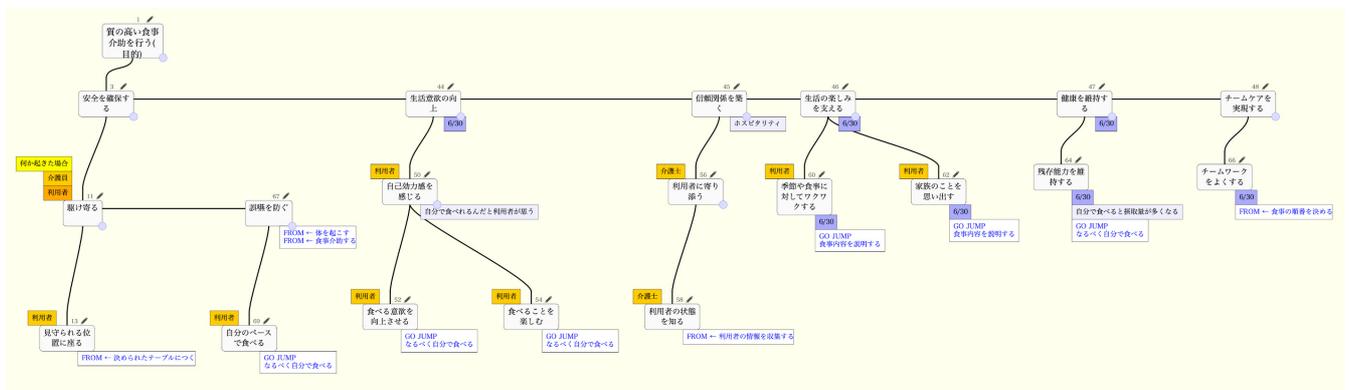
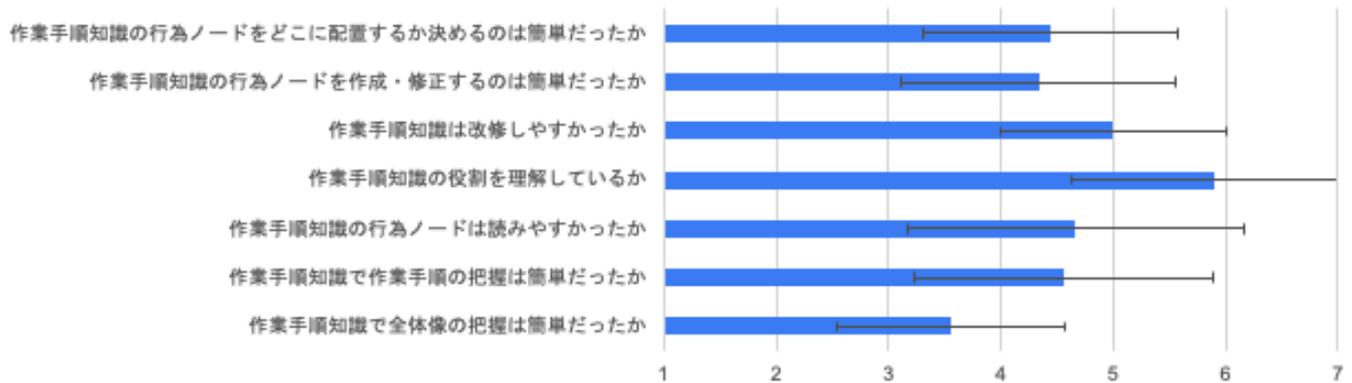


図7 食事介助に関する目的指向知識

Fig. 7 Purpose-based knowledge of meal assistance.

作業手順知識に関するアンケート(n = 9)



目的指向知識に関するアンケート

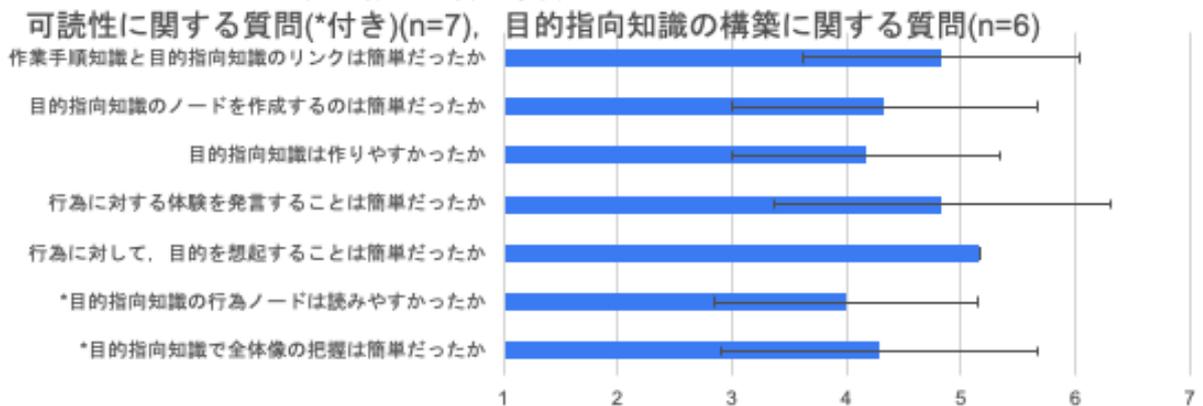


図 8 作業手順知識と目的指向知識に関するアンケート結果の平均と標準偏差. n はアンケートに回答した介護士の人数. 数値が大きくなるほど、質問項目に対してより同意した評価を行う形で集計した

Fig. 8 Average and standard deviation of Likert scale questionnaire. n shows the numbers of the caregivers.

表 3 各介護業務における知識構造化ワークショップ実施前後の目的指向知識のノード数

Table 3 Numbers of nodes in purpose-based knowledge for each caregiving task.

	食事介助	入浴介助	移乗介助	排泄介助
目的指向ノード数	19	17	9	なし

4.4 知識に関するアンケート調査

知識構造化ワークショップが終了後、作業手順知識と目的指向知識の可読性・構築の容易さ・目的を発言するきっかけ・知識の活用についてアンケート評価を、ワークショップ参加者 9 人（うち、6 人が目的指向知識の構築経験あり）に対して実施した。アンケートには可読性・構築の容易さについて 7 段階評価による質問を 14 項目、目的を発言するきっかけ・知識の活用について自由記述による質問を 10 項目用意し、ワークショップ参加者がどのように感じたのかについての主観評価の調査を行った。7 段階評価の質問項目と、それらの結果を、図 8 に示す。

作業手順知識のアンケート結果より、全体像の把握の容

易さ以外については、中央値程度の評価を得ることができた。また、作業手順知識の役割について高い評価（約 5.9）が現れており、これは作業手順知識と目的指向知識に分離したことで各知識が持つ意味を把握しやすい形式をとれたことに起因している可能性が高い。全体像の把握の容易さについては、知識構造化ワークショップの形式上、構造化知識をポスターサイズに印刷していたため、物理的な可読性の低さが原因であると考えられる。

目的指向知識のアンケート結果では、すべての質問項目において 4 から 5 の評価がされており、平均的な評価がなされた。また、目的を思い出すきっかけに関する自由記述のアンケート結果では「(他者の目的が) 自分の思っていたことと違っていたから」「自分の思っている意見を再確認するとき」などの答えを得ることができた。加えて、これらのことから、目的指向知識を紙ベースで閲覧することや構築することについては課題が残るものの、複数人の従業員によるワークショップを行うことで、従業員それぞれが持つ目的を記述することに寄与する可能性が明らかになった。

加えて、11 人の従業員に対して、ワークショップで構築

表 4 食事介助に関する、「大事にしているノード」と「新人に伝えたことのあるノード」の数の平均. 作業フローに関して、作業フローでの全体の平均と、括弧内に知識構造化ワークショップ（表中で WS）にて追加されたノードに関する平均を記述している

Table 4 Average numbers of the nodes in procedure-based and purpose-based knowledge which caregivers think there are important or have taught the novice caregivers.

	作業フロー（内、WS で追加されたノードの数）	目的指向ツリー
大事にしているノード	18.5(9.6)	5.5
新人に伝えたことのあるノード	18.4(8.7)	4.1

した食事介助に関する作業手順知識と目的指向知識について「大事にしているノード」と「新人に伝えたことのあるノード」の有無についてのアンケートを行った。それらのノード数の平均を表 4 に示す。

作業手順知識に関するアンケート結果では、従業員が重要と思うノードのうち、約半数のノードが知識構造化ワークショップを通じて追加されたノードであった。また、目的指向知識についても、全体の約 4 割程度のノードについて従業員が重要と考えていることが明らかになった。これらの結果から、本提案方法は、従業員が重要と考えながらも明示されていなかった、新たな知識を記述できる可能性を示すことができた。

4.5 実証実験結果に対する考察

介護士による計 10 回の知識構造化ワークショップを行い、作業手順知識と目的指向知識の構造化の容易性について検討した。

作業手順知識について、既存のマニュアルと比べてより詳細な行為の記述ができたことが、行為ノード数の増加から見られた。新たに追加された目的指向知識は、従来の知識と比べて、「介護対象者の安全管理を行う」「介護対象者の生活意欲を向上させる」「チームケアを実現する」といった業務の質を向上させるものが多く見受けられた。また、目的指向知識については、総数の 4 割程度のノードについて従業員が重要と考えることがアンケート評価から明らかになり、それらを従業員同士で共有し合う中で、各々の目的をさらに表現しやすいことも、自由記述のアンケートから示された。これらのことから、本提案方法を用いて、ワークショップ形式での複数人での知識構造化を行うことで、従来のマニュアルや構造化知識では記述しえなかった、業務の品質向上につながる知識の構築の可能性を示すことができた。

しかし、新たに追加された知識がすべて重要であるとの評価を得ることはできなかった。これは、介護施設の担当部署による作業工程の差や、個人特有の目的意識が抽出されたことに起因すると考えられる。これらの知識は、普遍的な重要度を持った知識ではないが、特定の組織・グループにおいて重要視される可能性があり、そのような知識について記述できることが、本検証から明らかになった。た

だし、本提案方法では、知識が際限なく拡張されていく可能性があるため、各現場による情報の粒度の統制や、実際の知識活用の場面での知識の提示方法を考慮する必要がある。

また、構築した知識の可読性や容易さについて、少数ではあるが知識構造化ワークショップ参加者の主観アンケート調査を行った。その結果、作業手順知識、目的指向知識の可読性やそれぞれの構造化知識の知識に対する理解については、アンケートの中央値程度の評価が得られた。可読性については、本検証実験ではポスター紙に印刷した知識を見ながらワークショップを行ったため、作業手順知識の行為ノード数が多い場合、複数ページにわたっての確認が必要であったことが高い評価に結びつかなかった要因の 1 つと考えられる。今後の課題として、知識構造化ワークショップ時の構造化知識の視認性を上げるために kNeXaR を活用した手法の整備が必要である。構造化知識の役割についても、同様に高い評価を得ることはできなかった。しかし、自由記述のアンケート結果と知識の評価に関するアンケート結果では、提案手法が目的を表出するきっかけを与えることができ、また表出された目的指向知識に対して意味のあるノードの記述ができたことから、介護士は知識の構造や役割については十分理解したわけではないが、自ら構築した知識に対して本提案手法で目指していた、現場で重要と考えられている目的に関する知識が記述できたと考えられる。これらの結果をふまえ、知識の役割について深い理解を促す知識構造化ワークショップの方法を検討していくことで、さらに高品質な知識の記述を可能とすることを今後の課題として取り組んでいく。

5. 知識構造化支援システム kNeXaR の効果

本章では、前章の実験で研究者メンバが使用した kNeXaR の効果を検討する。まず、従来パワーポイントで構築していた構造化知識を kNeXaR で構築することで、各行為の表記の統一、グラフ表示の一貫性、グラフの一部非表示が可能となった。そのため、構築時だけでなくワークショップ用に模造紙にプリントアウトする際もスムーズであった。また、ワークショップ時は現場メンバは模造紙で作業していたものの、研究者メンバは kNeXaR を用いて、議論と対応する知識を修正したり、議論に上った行為を検索したり、

青字のリンクをタップするとリンク先へジャンプし○で強調される。

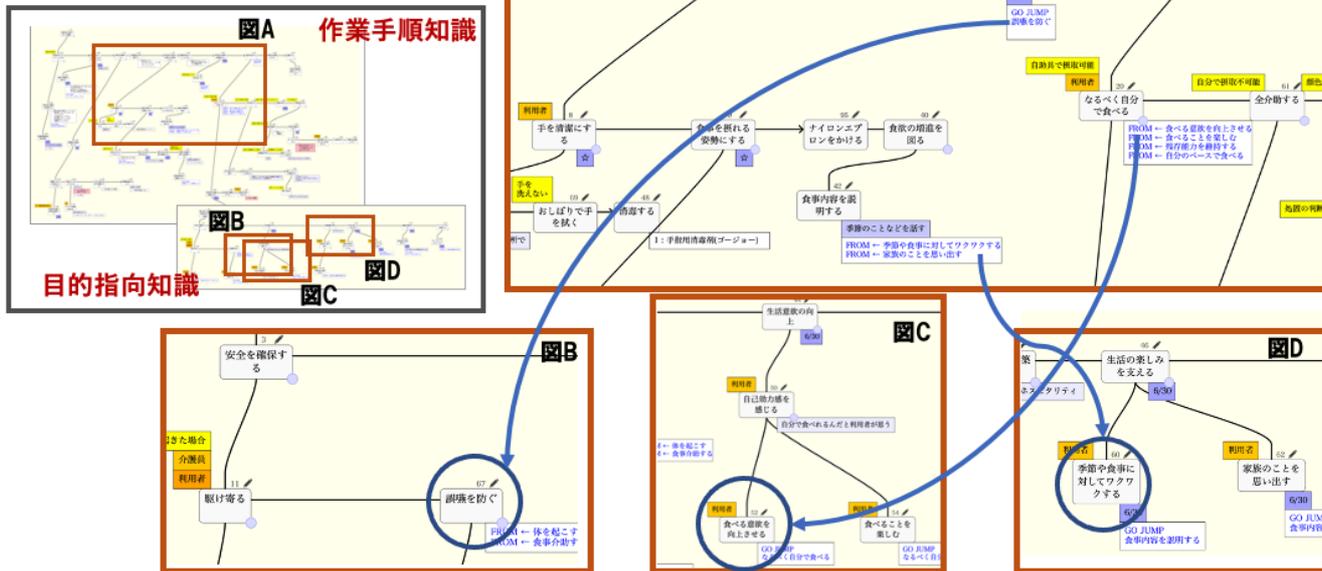


図 9 ワークショップで構築した kNeXaR 内の知識例

Fig. 9 Example of structured knowledge created with kNeXaR.

リンク先にジャンプしたりして確認することができた。

図 9 には、前節で構築した知識の一部を kNeXaR 画面で表示した。図 A は「食事を介助する」作業手順知識の一部である。右のほうに「なるべく自分で食べる」という行為があり、この目的が図 C の目的指向知識の「食べる意欲を向上させる」であることが分かる。さらに、この目的は、「自己効力感を感じる」ことであり、この目的は「生活意欲の向上」であることも分かる。この「生活意欲の向上」は、CHARM の基本記法は「名詞+動詞」であるため「生活意欲を向上させる」とすべきである。このように、現場メンバが構築した知識には構造化記法から外れたものがあり、今後の課題である。

前章の実験後に感染症が広まり、研究者メンバが介護施設に入ったワークショップができなくなっている。そこで、オンラインで本方法および kNeXaR に関するヒアリングを実施した。対象はすべてのワークショップに参加した管理者である。まず、kNeXaR により作業手順と目的指向知識間のリンクをたどって見ることができていることを画面提示したところ、「各行為について、なぜとか目的が明記してあり、若い職員にとって業務を深く理解するうえで非常に役立つ」「慣れてきた職員も手順と目的をリンクして見られるので振り返りになる」「ぜんぜんいい」といったコメントを得ることができた。また、「これなら、作業手順の目的も書いてあるので、介護が分からない人にも説明できる」「今まで目的を明文化していなかった」「目的を教えて

もらっていない」とのコメントも得ることができた。

実験では間に合わなかった提案方法のステップ 6 およびステップ 7 については、「食事介助、入浴介助など複数の作業手順が目的指向知識でリンクされれば、各作業を横断的に深く理解できる」とのコメントをいただいた。新人教育だけでなく、経験者にとっても新たな意味を理解し、現場メンバ間での意識共有、合意形成に役立つと考えられる。今後の課題は、kNeXaR を現場メンバが使えるように改良することである。

6. まとめと今後の予定

本論文では、作業手順内の行為の目的を表出し構造化する方法を提案した。まず既存のマニュアルなどから作業手順を構造化し、作業手順知識を構築する。この作業手順の中の各行為の目的を話し合い、構造化し目的指向知識を構築する。これを複数の作業手順に関して実施し各目的指向知識を融合する。その後、複数の作業を目的ベースで振り返り、共通理解を深める。また、この方法を支援する知識構造化支援システム kNeXaR を活用した。この方法を用いた知識構造化ワークショップを実施した結果、介護士が大事にしている、または新人教育で伝える必要のある目的が表出され、作業手順と目的指向知識を構築することができた。

今後の課題としては、他の介護作業について本方法を適用し、介護全体の作業手順と目的指向知識を構築すること

である。また、現場メンバがkNeXaRを使えるように、構造化記法から外れないよう支援する機能およびより直感的に使えるユーザインタフェースを開発することである。これにより、現場メンバが日ごろから知識を参照し改良することを目指す。

謝辞 この成果は、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（JPNP18002）の結果得られたものです。本研究を行うにあたって、知識構造化ワークショップなどにご協力いただいた、社会医療法人財団董仙会和光苑奥本健司様ほか皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Abu-Salih, B.: Domain-specific Knowledge Graphs: A survey, arXiv:2011.00235 (2020).
- [2] en courage: AI時代は「知識」より「思考力」を身につけよ, 入手先 (<https://en-courage.com/articles/434>) (参照 2021-04-13).
- [3] IT 協会: Business Process Modeling Notation (BPMN) Version 1.0 (2004), 入手先 (<https://www.bpm-j.org/bpm>) (参照 2021-03-28).
- [4] 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*, Vol.17, No.2, pp.208–220 (2013).
- [5] NotePM: 【2021年版】マニュアル作成ツールおすすめ10選を徹底比較!, 入手先 (<https://notepm.jp/blog/2208>) (参照 2021-04-13).
- [6] OMG: Unified Modeling Language Specification (UML) Version 1.5, available from (<http://www.omg.org>) (2003).
- [7] Ouali, S., Mhiri, M. and Gargouri, F.: Knowledge Engineering for Business Process Modeling, *Proc. 12th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering (ENASE 2017)*, pp.81–90 (2017).
- [8] Singhal, A.: Introducing the Knowledge Graph: Things, not strings (2012), available from (<https://googleblog.blogspot.com/2012/05/introducing-knowledge-graph-things-not.html>) (accessed 2021-03-29).
- [9] Van den Berg, H.A.: Three shapes of organisational knowledge, *Journal of Knowledge Management*, Vol.17, No.2, pp.159–174 (2013).
- [10] 野中郁次郎, 梅本勝博: 知識管理から知識経営へ—ナレッジマネジメントの最新動向, *人工知能学会誌*, Vol.16, No.1 (2001).
- [11] 経済産業省, 厚生労働省, 文部科学省: 2018年版ものづくり白書, *経済産業調査会* (2018).
- [12] 西村悟史, 大谷 博, 島山直人, 長谷川希恵子, 福田賢一郎, 來村徳信, 溝口理一郎, 西村拓一: 現場主体の知識発見方法の提案, *人工知能学会論文誌*, Vol.32, No.4C (2017).
- [13] 西村悟史, 毛利陽子, 山中 泉, 中村美佳, 高山 薫, 西村拓一: 社会福祉法人内の介護マニュアル統一を通じた知識発見の改良, *デジタルプラクティス*, Vol.10, No.1, pp.244–266 (2019).
- [14] 伊集院幸輝, 小早川真衣子, 西村悟史, 西村拓一: 作業フ

ローチャーを活用した目的指向知識の構造化手法の提案, SIG-SWO-048-05 (2019).

- [15] 小林 敦: マニュアル作成の構造化手法, *日経マグロウヒル社* (1994).
- [16] 飯野なみ, 西村悟史, 西村拓一, 鈴木美緒, 福田賢一郎, 武田英明ほか: ギター奏法オントロジーに基づく行為プロセスの図的表現, *人工知能学会研究会資料*, Vol.45, No.5, pp.1–4 (2018).
- [17] 平館綾子: ホームヘルパー講座 2 級過程テキスト 1 福祉・介護の知識と方法, *ニチイ学館* (2012).
- [18] 平館綾子: ホームヘルパー講座 2 級過程テキスト 2 福祉・介護の知識と方法, *ニチイ学館* (2012).



伊集院 幸輝

る研究に従事。

2019年同志社大学大学院博士後期課程修了, 博士(工学)。現在, 国立研究開発法人産業技術総合研究所人間拡張研究センター産総研特別研究員として, 知識伝承を支援するための知識の構造化手法とその支援システムに関する



小早川 真衣子

2019年東京藝術大学大学院美術研究科デザイン専攻修了。博士(美術)。多摩美術大学研究員, 愛知淑徳大学コミュニティ・コラボレーションセンター助教, 産業技術総合研究所人工知能研究センター特別研究員を経て, 2019年千葉工業大学先進工学部知能メディア工学科助教, 産業技術総合研究所人間拡張研究センター外来研究員。社会的に展開するデザインの実践とその方法・方法論の研究に従事。



飯野 なみ (正会員)

2017年東海大学大学院芸術学研究科修士課程修了(芸術学)。2020年総合研究大学院大学複合科学研究科情報学専攻課程修了。博士(情報学)。現在、国立情報学研究所特任研究員、理化学研究所客員研究員、産業技術総合研究所協力研究員。第120回音楽情報科学研究会ベストプレゼンテーション賞、第25回情報アクセスと可視化マイニング研究会奨励賞、2020年度人工知能学会研究会優秀賞を受賞。他方、クラシックギタリスト・講師として活動。国内主要コンクールの優勝多数。玉川大学芸術学部非常勤講師、クロサワ音楽教室ギター講師。



西村 拓一 (正会員)

1992年東京大学工学系大学院修士(計測工学)課程修了。同年、NKK(株)入社。X線、音響・振動制御関係の研究開発に従事。1995年RWCPに出向、1998年NKK(株)復帰。2001年産業技術総合研究所サイバーアシスト研究センターに所属、2005年同情報技術研究部門実世界指向インタラクショングループ長、2009年NEC出向、2011年同サービス工学研究センターサービスプロセスモデリング研究チーム長。2020年同人間拡張研究センター上席主任研究員、現在に至る。博士(工学)。製造業や介護・看護、健康増進、教育等のサービス現場におけるコミュニティ支援、身体動作分析、人の活動データと知識の構造化による人の知能と人間力の拡張に興味を持つ。人工知能学会、サービス学会各会員。