

# オントロジーに基づく暗黙知の表現・共有支援 —ロボット介護機器の評価・改良の高度化に向けて—

西村悟史<sup>†1</sup> 福田賢一郎<sup>†1</sup> 渡辺健太郎<sup>†1</sup> 三輪洋靖<sup>†1</sup>  
來村徳信<sup>†2</sup> 溝口理一郎<sup>†3</sup> 西村拓一<sup>†1</sup>

企業やサークルなどのコミュニティでは、メンバーが持つ経験や勘、ノウハウなどの暗黙知が共有され引き継がれることが、競争力や持続性を高める上で重要である。本稿では、すでに形式化されている知識をオントロジーにより明示することでメンバーから暗黙知を引き出し、共有を支援する手法を提案する。すでに提案している日々の申し送りを通して現場の気付きや暗黙知を記録・共有するためのツール DANCE (Dynamic Action and kNowledge assistant for Collaborative sErvice fields) および複数の従業員が自身の持つサービス現場の情報や知識を表現・共有し、よりよいサービスをデザインするためのツール DRAW (Design Representation tool for Autonomous Work systems) で引き出される暗黙知を形式知とリンクし、メンバー間の共有を支援する枠組みを提案する。具体的には、介護現場における暗黙知を引き出し、ロボット介護機器の活用方法を改善した上で評価・改善を支援する技術を検討する。

## Support for Representation and Share of Tacit Knowledge based on an Ontology -towards evaluation and promotion of robotic nursing devices-

SATOSHI NISHIMURA<sup>†1</sup> KEN FUKUDA<sup>†1</sup> KENTARO WATANABE<sup>†1</sup>  
HIROYASU MIWA<sup>†1</sup> YOSHINOBU KITAMURA<sup>†2</sup>  
RIICHIRO MIZOGUCHI<sup>†3</sup> TAKUICHI NISHIMURA<sup>†1</sup>

Sharing tacit knowledge, such as experiences, intuitions and know-how, is important for organizational members to improve their competitiveness. The authors have developed some systems, such as DANCE and DRAW, for representation and share the tacit knowledge. This paper presents the method for extracting tacit knowledge based on an ontology and sharing the knowledge. This method can be applied to support to evaluate and improve robotic nursing devices and its operation procedure.

### 1. はじめに

高齢化の進展に伴い、日本の医療・介護コストは世界に先駆けて進行している。介護保険費用は2013年度で9.2兆円に達し[1]、今後も増加する見込みであり、介護の業務品質を高めつつ効率化を進めることが喫緊の社会課題である。

このような現状のもとで、「高齢者の自立支援、介護実施者の負担軽減に資するロボット介護機器の開発・導入を促進する」ことを目的として、経済産業省の「ロボット介護機器開発・導入促進事業（開発補助事業）」が2013年より進められている[2]。本事業では、移乗介助や排泄支援など8つの重点分野を設定しロボット介護機器による介護者の業務負担軽減や効率化を目指している。この開発補助事業で開発されるロボット介護機器により、被介護者の肉体的負担を減らすことも重要であるが、同時に従業員の中で暗黙知的に蓄えられている業務プロセスやそれに伴う気付きに関する情報が共有されることも重要である。Nishimura

らは、看護師の中で暗黙的に蓄えられた業務プロセス知識を外在化するためのモデル CHARM (Convincing Human Action Rationalized Model) を提案し、看護手順の比較統合や新人研修に対して取り組んでいる[5, 19]。また、Torii らは、音声認識技術を利用し、音声つぶやきによる気づきの収集と適切なタイミングでの従業員間での情報共有を支援する研究開発を行っている[20]。

筆者らも、従業員の中で暗黙的になりがちな気づき情報を共有するために、DANCE (Dynamic Action and kNowledge assistant for Collaborative sErvice fields) というシステムを開発し、複数の介護現場で導入している[3]。また、得られた気づき情報をもとに複数の従業員が様々な角度から俯瞰し現状を把握した上で新たなプロセスをデザインすることを支援するシステムとして DRAW (Design Representation tool for Autonomous Work systems) を開発している[4]。そして、それらのシステムから得られた情報を横断的に検索・共有可能にするためのコト・データベース（以下、コトDB）[6]を開発中である。

本稿では、これらの取り組みに加えて、非定型な業務プロセスの中でも共通の「こうあってほしい」プロセスを抽出し構造的に記述し、現場の状況に合わせて動的に知識を提示する現場適応型マニュアルの構想について述べる。こ

<sup>†1</sup> 国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology  
<sup>†2</sup> 立命館大学 情報理工学部  
College of Information Science & Engineering, Ritsumeikan University  
<sup>†3</sup> 北陸先端科学技術大学院大学 サービスサイエンス研究センター  
Research Center for Service Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

の現場適応型マニュアルは、規範的な業務プロセスを構造化するだけでなく、実際に行った業務プロセスから得られた気づきなどのコト DB に蓄えられた情報を業務プロセスにリンクすることで、業務プロセス改善のためのヒントを現場から収集し、従業員らに気づきを与えることで、新人教育や業務プロセス改善支援を目指すシステムである。

本稿の構成を以下に示す。まず、第2章で、本研究で目指す現場適応型マニュアルの構想を示す。次に、第3章で、基盤技術として、プロセスを表現するためのモデルである CHARM と、横断的な検索を可能にするコト DB について説明する。そして、第4章で、非定型業務プロセスに対する CHARM の適用可能性の検証と、コト DB に現場適応型マニュアルを組み込むための知識基盤として開発中の coto-ontology について述べ、第5章で本稿をまとめる。

## 2. 現場適応型マニュアル構想

### 2.1 非定型業務プロセスにおける課題

非定型業務プロセスを表現する際の課題として、本研究では以下の2つに焦点を絞る。

1. 業務プロセスの実施される状況整理の困難さ
2. 状況に対応する現場の知識獲得の困難さ

ここでの非定型業務プロセスとは、現場の状況に合わせて方法が変わったり、割り込みが入ったりする業務プロセスのことを指している。どのような状況下でどのような方法が利用されるのか、またどのような状況下で割り込みが入ったり業務プロセスの順序が入れ替わったりするのかということ表現するためには、まず状況を整理することが必要となる。しかしながら、介護現場は利用者の生活を支援する場であり、その生活様式は多岐にわたるため、状況を整理することが困難となる。さらに、状況を整理できたとしても、その状況に対応して実施すべき業務プロセスに関する知識は膨大であり、それを獲得することは困難である。

### 2.2 現場適応型マニュアル構想

本研究では上記の課題に対して、以下のアプローチをと

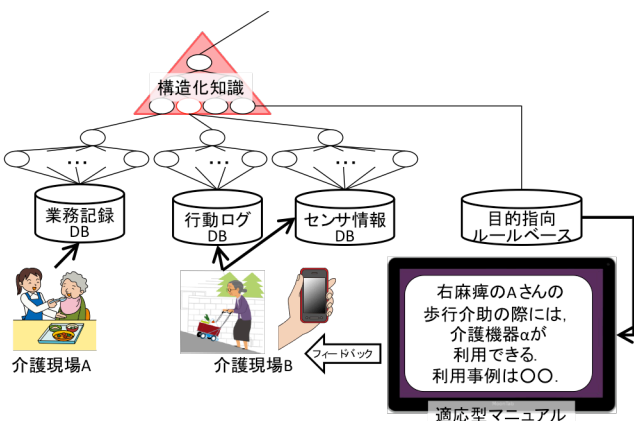


図1 現場適応型マニュアル構想全体像

Figure 1 Overall image of context-aware instruction system

る。

1. 共通する業務プロセスに関する知識を構造化し、それに基づいて状況を類型化する
2. 構造化された業務プロセスに基づいて、現場から得られた情報を対応付ける

まず、1つ目のアプローチでは、Nishimura らがこれまでに開発してきたプロセス知識表現モデルの CHARM[5]を援用する。詳細は後述するが、CHARM は目的指向という視点を定めてプロセスを捉えるモデルであり、地域医療機能推進機構大阪病院において実践的に適用された実績がある[19]。視点を定めてプロセスを捉えることにより、状況に応じた業務プロセスの特殊性と共通性を議論することが出来るほか、普段とは異なる視点で現場の従業員が業務プロセスを捉えることが出来る。その効果として、従業員の中で暗黙的となっていた知識を外在化することも期待できる。次に、2つ目のアプローチでは、非定型な業務に関わる情報を蓄積し横断的に扱うことの出来るコト DB を援用する。コト DB により、多様な状況のもとで実施された業務に関する情報が収集され、1つ目のアプローチで得られた構造化知識とがリンクされる。また、収集された情報は、DRAW などの議論支援システムとともに活用することで新たな知識として構造化知識に追加される。これらのサイクルを回すことにより、非定型業務プロセスに関する知識の共有と再利用を実現する (図1参照)。

次章では、本構想の基盤技術となる CHARM とコト DB について紹介する。

## 3. 基盤技術

### 3.1 CHARM の概要

Nishimura らは CHARM と呼ぶ人間行動モデルを提案し、看護行為の表現に利用している[5]。CHARM は看護行為を実行する根拠、記述された治療法の選択理由までを含めて表現するモデルであり、CHARM に基づいて記述された具体的な行為は CHARM 木と呼ばれる。[19]より引用した図

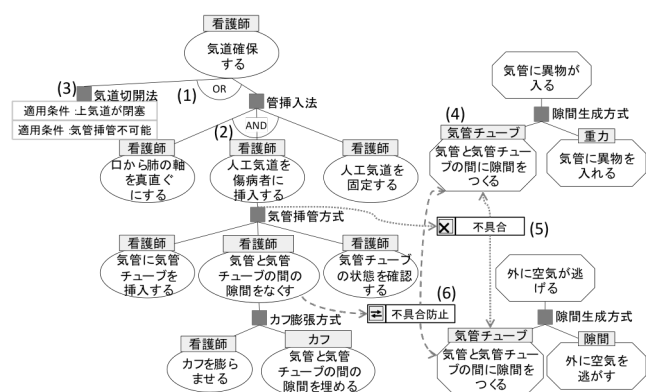


図2 気道確保 CHARM 木の一部[19]

Figure 2 A part of CHARM tree about airway management[19]

2に示す気道確保の手順に関するCHARM木の一部を例にCHARMの概要を説明する。

CHARMでは行為を対象物の状態変化としてとらえ、楕円ノードで、行為の実行主体は楕円ノードの上の長方形ノードで表現する。図2のCHARM木の最上段のノードで、気道が閉じた状態から開いた状態への状態変化として「気道確保する」という行為を捉えている。行為は目的として読み替え、その達成方法を正方形ノードで表現する。ここでは、気道確保する行為は、気管切開法と管挿入法の2つの方法のどちらかにより達成されることがORの関係で表されている(図2(1)参照)。達成方式の導入により、同一目的を達成する代替手法が複数あることを一覧性高く表現できる。管挿入法では、「気道確保する」行為を目的として、「口から肺の軸を真直ぐにする」行為と「人工気道を傷病者に挿入する」行為と「人工気道を固定する」行為の3つの行為が実施される。図2(2)のように、これら3つの行為はANDの関係にあり、順番に実行することで上に書かれた「気道確保する」行為が達成されることを表している。すなわち、CHARMはある行為列の目的を一つ上の行為ノードによって明示的に表現する。また、図2(3)に示すように方式を適用する条件も記述している。ここでは「気管切開方式」が選択される条件として、「上気道が閉塞」しており、「気管挿管不可能」な場合であることが明示されている。そして、医療従事者にとって起こることが望ましくない不具合を、図2(4)のように八角形ノードで表現する。不具合を明示的に表現することも、ある行為を選択するかどうかを判断する際の助けとなる。ここでは、図2(5)に示すように不具合の間のリンクとして、気管挿管方式と「気管と気

管チューブの間に隙間をつくる」という不具合の間に、気管挿管方式を選択したことが原因となり、「気管と気管チューブの間に隙間がつかられ」、「異物が気管に入ってしまう」関係があることを表現している。また、気管と気管チューブの間の隙間をなくす」行為と不具合の間のリンク(図2(6))によって、この行為が不具合を防止するために行われることも明示できる。

このようなモデルに基づいて知識を構造化することにより、知識記述者は業務プロセスについて何を記述すべきかの指針が与えられる。そのような一貫した指針に基づくことで、非定型な業務プロセスの共通性や特殊性が明らかとなり、多様な状況を類型化するための一助となる。

### 3.2 コトDBの概要

データに基づいて現場コミュニティの行動変容を促し、サービスを改善するためには、収集されたデータを自ら評価分析し、コミュニティ全体で改善策を設計する必要がある。そこで、渡辺らは図3に示すコトDB基盤を提案している[6]。サービス遂行の場に様々なセンサーネットワーク、申し送りなどの情報共有システム、ロボット機器を導入し、得られる様々な「コト」に関するデータをLinked DataとしてコトDBに収集する。これらのデータは、コトに変化する可能性があり、省察・創出の場のコト化支援により生成されたコト、および、形式化された実践知も格納する。さらに、実践コミュニティがコトDBの機能を対話的に使用した結果を元に、各種データ同士を関連付け、分析・可視化の精度を向上する。コトは5W1Hの複数の連結情報で記述されるが欠損がある場合も多く、動的に変化・成長する。まず、これらの特性と機能を実装するためのコトの記

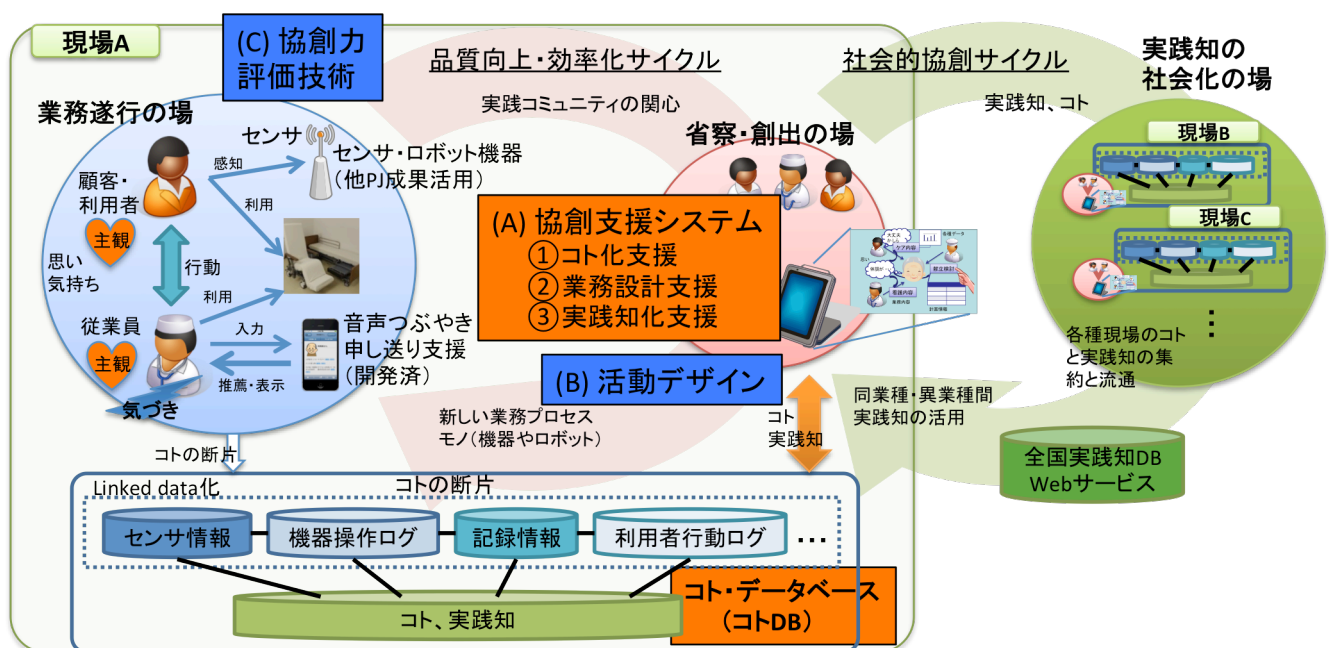


図3 実践コミュニティの協創力を拡張するコトDB基盤

Figure 3 Coto DB to enhance co-creation ability for community of practice

述と関連付けを既存の集合知 DB(Social Infobox)[7]などの DB を活用して実現している。

このようなコト DB を利用することで、異なるシステム・現場で得られるデータを横断的に扱うことが出来る。そのため、状況に応じて適切な業務プロセスを提示するために必要な情報を収集し、構造化知識と対応付けることに援用可能であると考えられる。

#### 4. 介護現場における現場適応型マニュアル実現に向けた取り組み

非定型業務が行われる介護現場を一事例として、現場適応型マニュアルの実現に向けた2つの取り組みを行っている。それらの取り組みは、介護業務プロセスに関する知識を構造化する際に CHARM が利用可能であるかの確認と、現場の記録と構造化した知識とを結合するためのオントロジー構築である。

##### 4.1 CHARM の介護業務プロセスの表現事例

まず、介護現場の業務プロセスを CHARM によって表現可能であるかの検証を行った。例題として用いたのは、褥瘡の予防に関する業務プロセスである。褥瘡とは、高齢者において発症率の高い疾患であり、「骨の突出部と硬い表面の間で組織が圧迫され、その部分に生じた壊死および潰瘍である」[8]。褥瘡は、利用者の活動度や部屋の環境など様々な要因によって発生したり、症状の度合いが違ったりすることから、その予防や治療に対するノウハウが従業員ごとにバラつきがあることが確認されており、状況に対応した業務プロセスを提示するような現場適応型マニュアルが求められる。

まずは、文献[9],[10]を基に図4に示すような褥瘡の予防行為に関する CHARM 木を構築した。結果として、褥瘡を予防するための方法として、「結構改善方式」、「栄養状態改善方式」、「清潔保持方式」の3つの方法があり、それぞれの3つの大きな目的のもとで、介護者らが日常的に行っている、体位変換や、クッションを敷くことによる圧力の分散、被介護者に栄養を取らせるための食事の準備などの行為が行われることが明示的に記述された。ここでは、教科

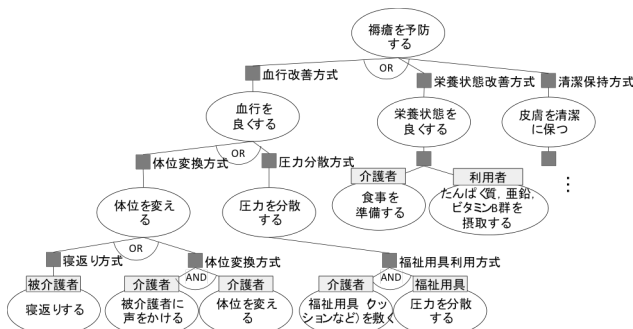


図4 褥瘡予防 CHARM 木の一部

Figure 4 A part of CHARM tree about ulcer pressure injury

書的に共通化された手順のみを扱っている。今後、それぞれの方法がどのような状況のもとで選択・実行されるのかを介護現場からの聞き取り調査などを通して収集、追記していく。

以上から、CHARM に基づいて介護行為を表現することで一貫した視点からの知識の構造化が可能であることが確認出来た。一方、現場で日常的に実施される様々な状況に対応するためのプロセスを網羅することは困難であるため、次に示すように、現場の記録との結合を行う必要があることが明らかとなった。

##### 4.2 現場の記録との結合を指向した coto-ontology の試作

現場の記録と構造化した知識とを結合するために、本研究ではコト DB を援用する。コト DB 内に格納される現場の記録と 4.1 節で構造化された知識との整合性をとるためには、それぞれの情報がどのような意味を持つのかという意味づけの基盤となるオントロジーを構築することが有用である。オントロジーとは、「人間が対象世界をどのように見ているかという根源的な問題意識をもって物事をその成り立ちから解きあかし、それをコンピュータと人間が理解を共有できるように書き記したもの」[11]や「概念化の明示的規約 (explicit specification of conceptualization)」[12]と定義される。すなわち、コト DB が扱う情報がどのような背景知識を持っているのかを明示的に書き記すことによって、人間はもとよりコンピュータが意味処理をする際の、共通基盤としてオントロジーを用いる。本研究では、そのようなオントロジーとして coto-ontology を試作中である。Coto-ontology の実装には、オントロジーエディタとして Protégé[13]を利用し、記述言語として OWL[14]を用いた。

図5に、試作中の coto-ontology の is-a 階層を示す。Is-a 階層とは、人間 is-a 動物のように一般的な概念から特殊な概念へと分類を行った階層のことを指す。本研究では、coto-ontology の試作にあたって、筆者らが研究開発中のシステム[3, 4, 15]の扱う情報がどのような概念で構成されているのかを分析し、コト DB およびそれらのシステムに還元するというミドルアウト的な方式でオントロジーを構築した。対象世界の概念を極めて高く抽象化した上位層に関しては、既存のトップレベルオントロジー[16, 17, 18]を参考に、必要な個所を選択するに留めている。具体的には、コトに関連する概念として「Occurrent」、そこに参加する概念として「Continuant」、記録されたコトがどこで実施されたのかを示す「Place」、コトの質を表す「quality」、コトの記録そのものである「Record」、時間に関連する概念を表す「Time」を定義している。中間から下層には、システムが扱う情報から抽象化した概念をまとめている。例えば、DANCE の扱う情報は、「Record」の特殊概念である「業務記録」の特殊概念である「申し送り記録」として分類される。その情報は、コトを表す「Occurrent」に関する情報と

それを主体的に実施する人を表す「ServiceReceiver」に関する情報と記録がとられた時間や記録者などの Record に関する情報から構成されると定義している。

以上の coto-ontology はまだ構築途中であるが、トップレベルオントロジーを参考にし、抽象度の高い概念を含むことから、今後、ロボット介護機器のログ情報などの新しい情報を扱う際にも、軽微な拡張で一貫性を崩さずにコト DB の運用を行うことが期待できる。それによって、現場の情報を収集し、状況に応じた業務プロセスの提示を行うという現場適応型マニュアルの基盤としてコト DB を適用可能であることが確認できた。現状では、必要な概念同定と is-a 階層の構築に焦点を当てているが、今後は、is-a 関係以外の概念間関係を定義し、現場から得られる情報の意味化を推進する。

## 5. まとめ

本稿では、サービス現場の暗黙知の表現・共有支援を指

向した現場適応型マニュアルの構想とその基盤技術について紹介した。特に、介護現場において基盤技術としての CHARM とコト DB が適用可能であることを確認した。今後は、具体的な現場で実際に暗黙知を表現し共有することに対して有用であるかどうかの検証と、それに基づいて、ロボット介護機器の活用方法を改善し、効果評価を支援するための技術開発を行っていきたい。

## 謝辞

本研究の一部は、経済産業省ロボット介護機器開発・導入促進事業で実施されました。また、本研究にご協力頂きました介護老人保健施設 和光苑、グループホームももちゃんの皆様に御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 厚生労働省: 平成 25 年度介護保険事業状況報告 (年報), <http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/jigyo/13/>, (accessed 2015-06-17), (2013)
- 2) 経済産業省: 介護ロボットポータルサイト, <http://robotcare.jp/>, (accessed 2015-06-17)
- 3) 福原知宏, 中島正人, 三輪洋靖, 濱崎雅弘, 西村拓一: 情報推薦を用いた高齢者介護施設向け申し送り業務支援システム, 人工知能学会論文誌, Vol.28, No.6B, pp.468-479, (2013)
- 4) 渡辺健太郎, 福田賢一郎, 西村拓一, 本村陽一: コト・データベースのシステム開発: その基本構造, 第 29 回人工知能学会全国大会講演論文集, 1K5-NFC-05b-3. (2015)
- 5) Nishimura, S., Kitamura, Y., Sasajima, M., Williamson, A., Kinoshita, C., Hirao, A., Hattori, K., 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)
- 6) 渡辺健太郎, 西村拓一, 本村陽一, 持丸正明: コト・データベースによるモノ・コトづくり支援, 人工知能学会論文誌, Vol. 30, No. 1, pp. 383-392, (2015)
- 7) 濱崎 雅弘: サジェスト機能によるゆるやかなオントロジー構築を可能にするシステムの提案, 第 22 回セマンティックウェブとオントロジー研究会予稿集, 人工知能学会研究会資料, No. SIGSWO-A1001-07, pp. 1-8, (2010)
- 8) メルクマニュアル: 圧迫性潰瘍, <http://merckmanual.jp/mmpej/sec10/ch126/ch126a.html>, (accessed 2015-06-17)
- 9) 平館綾子: ホームヘルパー講座 2 級課程テキスト 1 福祉・介護の知識と方法, ニチイ学館, (2012)
- 10) 平館綾子: ホームヘルパー講座 2 級課程テキスト 2 介護の実際, ニチイ学館, (2012)
- 11) 溝口理一郎: オントロジー工学, オーム社 (2005)
- 12) Gruber, T. R.: A translation approach to portable ontologies, Knowledge Acquisition, Vol.5, No.2, pp.199-220 (1993)
- 13) Stanford Center for Biomedical Informatics Research: A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems, <http://protege.stanford.edu/>, (accessed 2015-06-17)
- 14) The World Wide Web Consortium: OWL 2 Web Ontology Language Document Overview (Second Edition), <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>, (accessed 2015-06-17)
- 15) 三輪洋靖, 渡辺健太郎, 福原知宏, 中島正人, 西村拓一: 介護プロセスの計測と記述, 日本機械学会論文集, Vol. 81, No. 822, p.14-00207, (2015)
- 16) Masolo, C., Borgo, S., Gangemi, A., Guarino, N., Oltramari, A.: WonderWeb Deliverable D18 Ontology Library, <http://wonderweb>

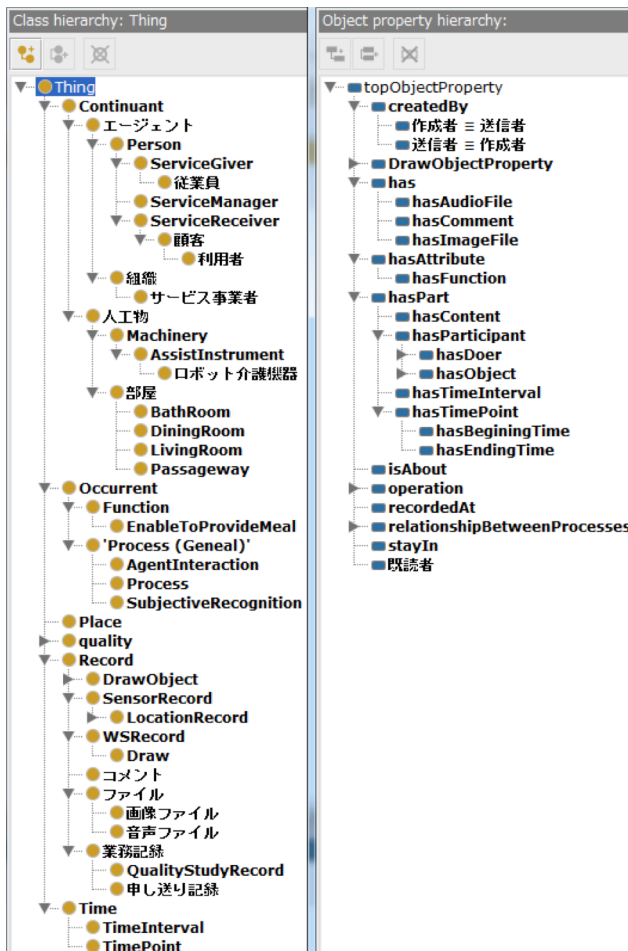


図 5 coto-ontology におけるクラス階層とオブジェクトプロパティ階層

Figure 5 Class hierarchy and Object Property hierarchy in coto-ontology

[eb.man.ac.uk/deliverables/documents/D18.pdf](http://eb.man.ac.uk/deliverables/documents/D18.pdf), (accessed 2015-06-17)

17) Mizoguchi, R.: YAMATO : Yet Another More Advanced Top-level Ontology,

[http://download.hozo.jp/onto\\_library/upperOnto.htm](http://download.hozo.jp/onto_library/upperOnto.htm), (accessed 2015-06-17)

18) Basic Formal Ontology, <http://ifomis.uni-saarland.de/bfo/>, (accessed 2015-06-17)

19) 西村悟史, 笹嶋宗彦, 來村徳信, 中村明美, 高橋弘枝, 平尾明美, 服部兼敏, 溝口理一郎: 目的指向の看護手順学習に向けた複数観点からの知識閲覧システム CHARM Pad と新人看護師研修への実践的活用, 人工知能学会論文誌, Vol. 30, No. 1, pp.22-36 (2015)

20) Torii, K., Uchihira, N., Hirabayashi, Y., Chino, T., Yamamoto, T., Tsuru, S.: Improvement of Sharing of observations and awareness in nursing by voice tweets, The 2nd International Conference on Serviceology (ICServ 2014), pp.68-73 (2014)