

意図明示化を指向した汎用的医療関連プロセス知識記述枠組み A Modeling Framework of Various Medical Processes for Explicit Description of Rationale

西村 悟史
Satoshi Nishimura

來村 徳信
Yoshinobu Kitamura

笹嶋 宗彦
Munehiko Sasajima

溝口 理一郎
Riichiro Mizoguchi

大阪大学産業科学研究所

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

To support sharing and inheriting the knowledge of various processes in the medical domain, the authors developed a framework by applying our functional knowledge modeling framework to the medical domain. For such a deployment, we have investigated an analogy between a unit of processes in the medical domain and function of artifacts, and experimentally described medical process models according to some documents of the medical treatment. We verified our framework can describe various medical processes and their explicit rationale. This result suggests that our framework will contribute to knowledge management about medical processes in the medical domain.

1. はじめに

近年、病気の治療に関して必要とされる医療知識は膨大な量にのぼり、その分野は多岐にわたっている。そのため、必要な知識を初学者が習得するためには時間と労力がかかる。また、現代の医療現場においては、チーム医療やインフォームドコンセントなどが重要視されるようになってきており、医療従事者間や、医療従事者と患者の間などでの知識共有の重要性が高まっている。そこで、例えば治療や検査の手順や、薬の機序などの知識を文章化した「医療ガイドライン」が学会などによって記述・公開されており、知識の共有が図られている。

このような膨大な量の知識の継承・共有を行う方法のひとつに、計算機に医療知識のモデルを格納し、計算機が知識を提供し、人間がモデルを参照する方法がある。つまり、計算機に格納された知識によって、初学者への知識の伝承の支援や、医療従事者同士あるいは医療従事者と患者の間での医療知識の共有を行う方法である。そのような計算機理解可能な知識表現形式に医療ガイドラインをモデリングする研究としてGLIF(GuideLine Interchange Format)[Boxwala 04]などいくつかの研究が行われている。例えば、GLIFでは医療ガイドラインをフローチャートで表現し、計算機上で扱うことを目指している。

しかし、自然言語の文章や、フローチャート形式の医療ガイドラインでは、語句の意味が不明確な場合や、行為の手順のみで目的が明示されない場合があるなどの問題点があると考える。

そこで本研究では、医療ガイドラインに記述されている治療行為の手順や薬の機序、手術行為などを「プロセス」として捉え(医療関連プロセス知識と呼ぶ)、そのような知識の伝承と共有を目指して、医療関連プロセス知識記述枠組みに関する考察を行う。その枠組みが満たすべき要求条件として、(1)意味が明確で計算機理解可能な表現形式を持つ、(2)医療行為の目的や治療法の選択理由の明示化をすることで、意図を表現できる、(3)質の高い知識を記述するための記述パターンを備える、の3つを設定する。

筆者らは、工学設計の分野において、そのような知識共有を目指して、人工物の機能を記述するための枠組み(機能的知識共有枠組み)[來村 02]を提案している。本研究では、医療分野へ機能的知識共有枠組みを水平展開し、医療関連プロセス知識記述枠組みの確立を目指す。

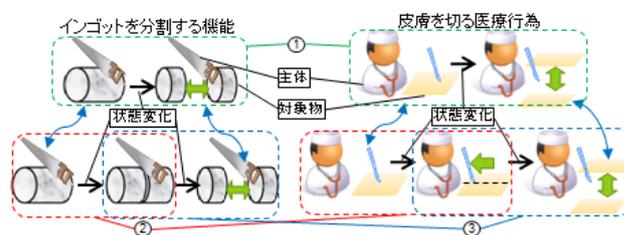


図 1: 機能と医療関連プロセスのモデル

2. 医療関連プロセス知識記述枠組みとその適用

2.1 機能と医療関連プロセスの類似性

本研究では、医療関連プロセスを、それを実行する主体とその作用を受ける対象物が存在する他動的なプロセスとして捉える。医療関連プロセスの前後では、対象物の状態が変化し、1つのプロセスにつき1つの状態変化が起こるものとみなす。そして、1つの医療関連プロセスは、いくつかの医療関連プロセスの系列で達成されるという達成階層構造で捉えることにする。

このように捉えることで、医療関連プロセスに対して機能的知識共有枠組みにおける人工物の機能と同じ捉え方をすることができる。図 1 にインゴットを分割する切断装置の機能と、患者の皮膚を切る医療行為のモデルを示す。切断装置の機能ではインゴットを、医療行為では患者の皮膚の一部を対象物として、それらの数を変化させているという類似性がある(図 1 ①参照)。また、その状態変化は、切断面における結合力をなくし(図 1 ②参照)、2つの距離を離す(図 1 ③参照)という2つの部分的な状態変化の系列によって達成される点も類似している。この例のように人工物の機能と外科的な医療行為は明らかに類似しているが、内科的な医療行為、検査行為、薬の機序、病原体による人体の変化なども同様に捉えることができ、機能的知識共有枠組みを医療分野へ水平展開し、医療関連プロセスを「医療関連プロセス分解木」として記述できる可能性が高いと考えられる。

2.2 記述枠組みの医療ガイドラインへの適用

次に、6つの医療ガイドラインを医療関連プロセス分解木として実際に記述することで、枠組みの妥当性を検証した。検証に用いたガイドラインは、以下の通りである。

1. 気道確保の方法[小野寺 08]
2. 視覚データを得る検査行為[稲本 97][山下 09]

連絡先: 西村悟史, 大阪大学産業科学研究所 知識システム研究分野, 〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1, Tel:06-6879-8416, Fax:06-6879-2123, e-mail:nishimura@ei.sanken.osaka-u.ac.jp

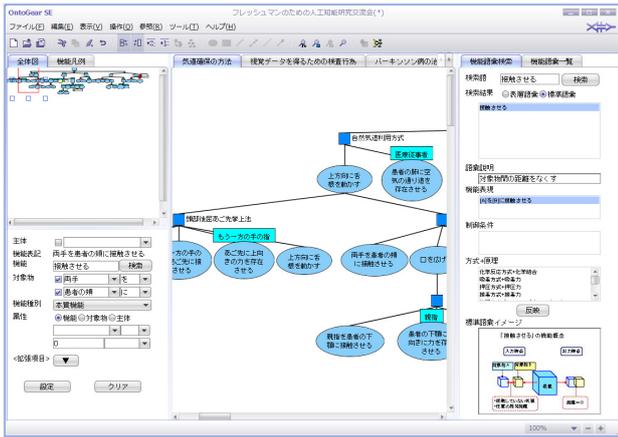


図 2: OntoGear のインターフェース

- 3.パーキンソン病の治療行為[日本神経学会 02]
- 4.急性アルコール中毒の治療行為[医療研修推進財団 01]
- 5.マラリアの投薬治療行為[熱帯病治療薬研究班 07]
- 6.骨粗しょう症の治療行為[メルクマニュアル][Yahoo!ヘルスケア][gooヘルスケア]

筆者らはそれぞれの記述に基づいて医療関連プロセス分解木を記述し、記述結果は医療の専門家によって記述の妥当性が確認済みである。記述の際には、機能的知識共有枠組みに沿った知識記述を支援するツールとして株式会社ジャストシステムにより開発され、株式会社MetaMoJiによって商品化が現在進められているOntoGear[高藤 08](図 2 参照)を用いた。記述に用いた 6 つの医療ガイドラインはそれぞれ外科的医療行為、検査行為、神経変性疾患に対する治療行為、中毒症状への救急処置、感染症に対する投薬治療行為、代謝性疾患に対する治療行為に関するものであり、それを通じて本枠組みが多様な医療関連プロセスを表現できることを確認した。

例として気道確保の方法について書かれた医療ガイドラインから作成した医療関連プロセス分解木の一部を図 3 に示す。楕円ノードで医療関連プロセスを表し、楕円ノードの上の長方形ノードでそのプロセスを行う主体を表し、正方形ノードで主に治療法に対応する「達成方式」を表す。

図 3 の分解木では、「気道を確保する」というプロセス全体を、気道が閉じた状態から開いた状態への状態変化であると捉え、その目的を「患者の肺に空気の通り道を存在させる」という根のノードで表現している。このプロセスを達成するための方式として、自然気道利用方式と人工気道挿入方式がある。これらは、

人間の気管を利用して気道確保する方式と、人工の管を気管に通して気道確保する方式をそれぞれ概念化したものである。これらの達成方式は OR の関係にあり、どちらでも「患者の肺に空気の通り道を存在させる」プロセスを達成できることを表している。人工気道挿入方式では、目的となるプロセスである「患者の肺に空気の通り道を存在させる」を「口と肺の軸を真直ぐにする」と「人工気道を気管に入れる」という 2 つのプロセスの系列に分解している。ここで、目的となるプロセスを全体プロセス、分解されたプロセスの系列を部分プロセス列と呼び、部分プロセス列が全体として達成する状態変化は、全体プロセスの表す状態変化と同じである。このように、プロセスをより詳細なプロセスの系列へと分解していくことで、気道確保のプロセスを表現している。例えば、気道確保の 1 つの方法である頭部後屈あご先挙上法については、「一方の手を患者の前頸部に接触させ」、「一方の手で前頸部に後ろ向きの力を存在させ」、「もう一方の手の指をあご先に接触させ」、「もう一方の手の指であご先に上向きの力を存在させ」、「上方方向に舌根を動かす」という部分プロセスの系列で行われ、それは「上方方向に舌根を動かす」という全体プロセスを目的として行われる行為であるということ表現している。

このようにして、ガイドラインから医療関連プロセス分解木を記述した結果、提案方式は医療関連プロセス知識記述枠組みの備えるべき要求条件として 1 節で挙げた性質のうち以下の 2 つを満たしていることが確認できた。

(1) 意味が明確で計算機理解可能な表現形式

まず、OntoGear の特徴として、対象物や主体といった細かい粒度でプロセスを構造化していることがある。プロセスを細粒度で構造化することで、プロセス中の対象物や主体といった意味を計算機が理解しているように扱える。

さらに、個々のプロセスを表現するために用いている「接触させる」などの機能語彙は、「2 つの対象物間の距離を 0 にする」というように意味が明確に定義されているため、計算機理解可能となっている。機能語彙は人工物の機能を表現するために開発された約 90 語の語彙である。本研究では人工物とは全く異なる医療従事者や薬、病原体といった様々な主体の起こすプロセスについても機能語彙による記述を試みた。医療の専門家による確認の結果、ガイドラインの内容を表現できることが確認できた。この結果は、機能語彙と本枠組みの一般性の高さを示唆するものであると考えている。

(2) 医療行為の目的や治療法の選択理由の明示化

気道確保の例で頭部後屈あご先挙上法について、著者らは

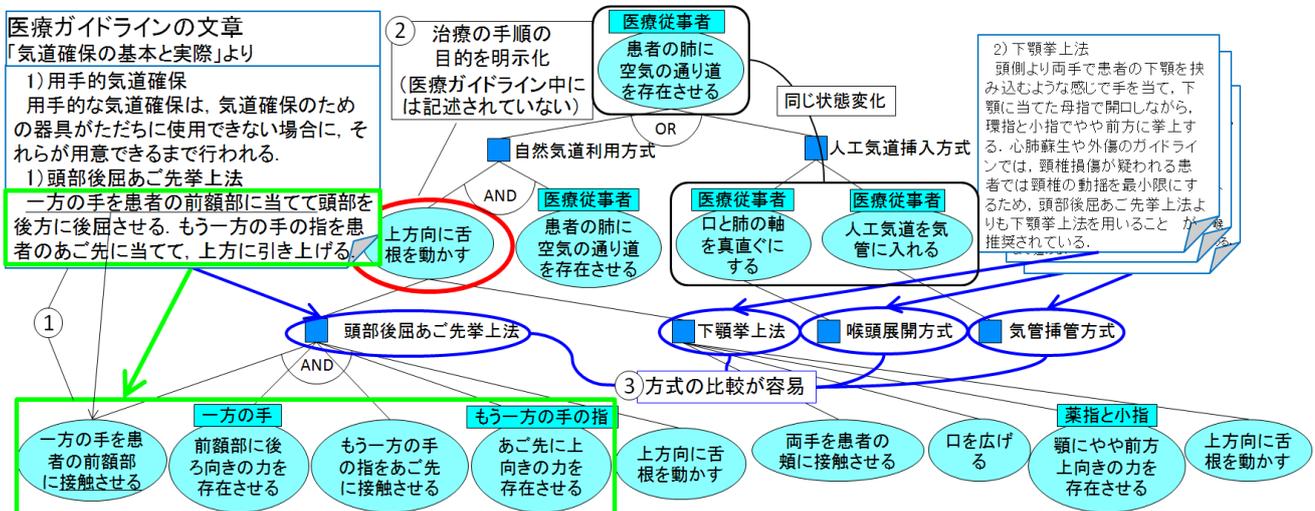


図 3: 医療関連プロセス分解木の一部(例題: 気道確保のプロセス)

初めに図 3 ①に示すようなプロセスをガイドラインから抽出しノードの系列として作成した。しかし、ガイドライン中にはこれらのプロセスが何を目的として行われているのかが記述されていなかった。そこで、専門家からの助言に基づいて「上方向に舌根を上げる」プロセスを4つのプロセス列の目的として図 3 ②に示すような上位ノードとして追加した。これによって、実際に行う手順が何のために行われるか、なぜこの手順によって気道を確保できるのかを明示化することができた。このように、本枠組みには、ガイドライン中の治療行為などの目的が暗黙的であることに気付かせ、それを明示化できる効果があることが分かった。

さらに、1つのガイドライン中にはさまざまな気道確保の方法が別々の部分に記述されている。本枠組みでは、それら気道確保の方法を図 3 ③で示すように OR の関係にある「達成方式」として記述することで、それらの関連性、すなわちいずれの方式でも気道を確保する目的が達成可能である事を1つの木構造にまとめて一覧性高く表現することができた。「達成方式」は、全体プロセスが部分プロセスの系列によって達成される根拠となるような物理法則などの原理を概念化したものである。このように一貫性をもって背景知識を概念化しているため、方式間の共通性や違いを比較しやすくなり、なぜその方式を選択したのかという理由の明示化も行える。

本節で述べた、意味が明確な表現形式や、医療行為の目的や治療法選択の理由といった意図の明示化が可能であるという性質から、提案方式による医療ガイドラインの改訂の支援が期待できる。例えば、新しい治療法が発見された際には既存のガイドラインに対応する分解木に新しい方式として追加すればよい。従来の自然言語文書のガイドラインや治療法を記述する指針を明示的に示していないような表現形式では治療法を追加する箇所の特定が困難であったが、本枠組みでは新しい治療法が何を達成するかに注目することで追加すべき箇所の特定が容易になると考えられる。また、従来のいくつかの表現形式のように目的が明示されていない手続き的知識は、状況が変化し必要(存在意義)がなくなったプロセスについても改訂が難しい場合がある。本枠組みでは目的によって存在意義や、プロセスの中での役割(関連性)を明示できるため、改訂後におけるそのプロセスの存在意義や改訂必要性などを検討することが容易になることが期待できる。

また、ベテランと初学者の間に存在するプロセスに対する解釈のずれを改善し知識理解の支援や、明示化された医療行為の目的を患者へ説明しやすくなるなどインフォームドコンセントの支援への利用も考えられる。

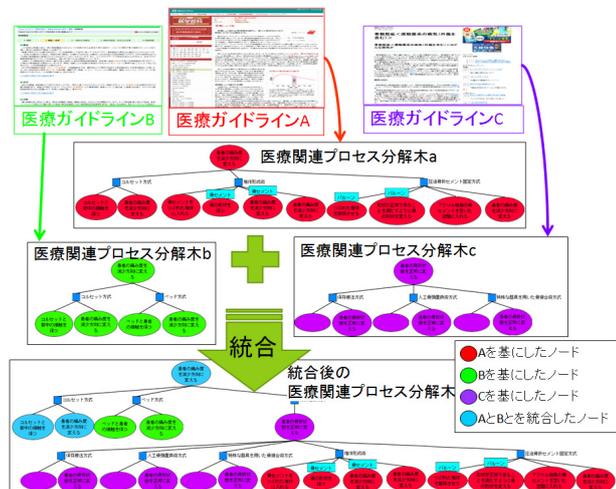


図 4: 医療関連プロセス分解木統合の全体図

2.3 複数の医療関連プロセス分解木の統合

本枠組みの性質と統一的な表現形式によって、異なる知識源の知識の統合を行うことができる。実際に、骨粗しょう症に関する3つの異なる医療ガイドラインからそれぞれ医療関連プロセス分解木を作成し、統合を行うことができた。図 4 にその概要を示す。本稿では、本研究で使用した、同一プロセスノードの統合と、方式ノードの追加による統合の2つの統合手法のうち、同一プロセスノードの統合について簡単に説明する。

図 5(図 4 の一部を拡大した図)の四角で囲まれた領域 a, b は医療ガイドライン A, B を基に作成した医療関連プロセス分解木の一部を示している。まず、統合の際は、全体プロセスから部分プロセス(分解木の上から下へ)という順序で両プロセス分解木のノードの対応関係を調べる。すると分解木 a と b には「患者の痛み度を減少方向に変える」というプロセスノードが含まれていることが分かる。機能語彙は意味を明確に定義した語彙なので、これらのノードが示すプロセスは対象物とその状態変化が同じであることを意味している。つまり、これらのノードは同一のプロセスであるとみなすことができ、1つのノードに統合することができる。このような同一プロセスノードを統合の起点とする。

次に、統合したプロセスノードを達成するための方式ノードを統合する。図 5 から、分解木 b には2つ、分解木 a には1つの方式ノードが「患者の痛み度を減少方向に変える」プロセスの達成方式として記述されていることがわかる。このような「コルセット方式」や「ベッド方式」、「椎体形成術」という方式は、部分プロセス列がなぜ「患者の痛み度を減少方向に変える」という全体プロセスを達成するかを説明したものである。そのため、全体プロセスが同一であるならば、他方の分解木に記述されている方式でも全体プロセスを達成することができる。この例では、分解木 a に存在する「ベッド方式」という方式でも、分解木 b に存在する「椎体形成術」という方式でも、「患者の痛み度を減少方向に変える」プロセスを達成できると言える。そこで、分解木 a と b 両方の「患者の痛み度を減少方向に変える」プロセスの達成方式を、統合後の分解木においてすべてが OR の関係となるよう記述することで、方式ノードの統合を行った。その際に、両方の分解木で共通して存在していた方式については1つに統合している。

これにより、A と B の医療ガイドラインでそれぞれ記述されていなかった方式を、統合することによって補完することができた(図 5 下部参照)。さらに分解木 c も統合することで、図 4 に示すように1つの分解木として知識を統合することができた。従来の自然言語やフローチャート形式で記述されたガイドラインでは双方のガイドラインのどの部分の記述が一致しており統合が可能であるかの判断が困難であった。しかし、本枠組みで記述された分解木は、各プロセスで起こる状態変化が明示され意味が明確であるといった性質と統一的な表現形式により統合を容易に行うことが可能であることを確認した。

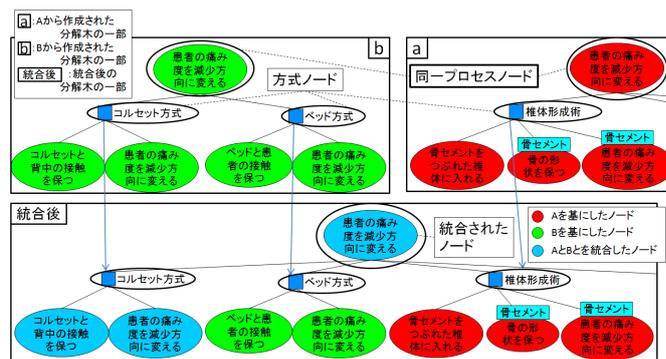


図 5: 同一プロセスノードの統合

3. 記述パターンの構築

実際に記述した医療関連プロセスを分析し、記述の際に現れる頻度が高い医療関連プロセスの記述 3 種類を同定した。それらの記述を支援するために記述パターンを 3 種類全 5 パターン構築した。

- (1) 医療関連プロセス発揮時点の記述パターン
- (2) 検査行為と治療法選択の記述パターン
- (3) 利用目的に応じた複数のプロセス分解木の記述パターン
 - (3-a) プロセス主体の全体一部分関係に注目する記述パターン
 - (3-b) プロセスの目的に注目する記述パターン
 - (3-c) 主体が医療関係物であるかに注目する記述パターン

紙面の都合上、このうち(3)の記述パターンについてのみ説明する。1 つの医療ガイドラインには、主体や目的の異なる複数のプロセスが混在していることがある。それらを切り分けて捉えることは一般に困難で、混在させて 1 つの分解木として記述してしまうことが多い。しかし、そのような表現では利用の際に混乱が生じることがある。例えば医療従事者や薬などの主体それぞれの発揮するプロセスの詳細に注目したい場合には、様々な主体が混在して記述された分解木は適切ではなく、主体ごとに分けて記述された分解木の方が望ましい。また、医療現場で様々な主体が関与して遂行されるプロセス全体の大きな流れを捉えたい場合には、主体ごとに記述された分解木は適切ではない。このように、分解木の利用場面に応じて必要とされる分解木を書き分ける必要がある。

そこで、プロセスを切り分けて捉えるための指針として本研究では(3)の記述パターン 3 つを構築した。例えば(3-b)の記述パターンは、様々なプロセスを目的ごとに分離して捉えて複数の分解木として書き分けるための指針を提供する。このパターンを利用して異なる主体である患者と医療従事者が同じ目的の下で交互に行うリハビリのような医療行為や、病気の進行と薬による治療プロセスの関係といったような医療行為の全体の流れを捉えやすくなると考えられる。

実際にこの記述パターンを利用して記述した分解木に、パーキンソン病の治療行為分解木がある。パーキンソン病の治療には、主に薬が用いられ、薬は患者の体内で様々な化学変化を起こし、最終的にパーキンソン病の症状を軽くするプロセスを発揮する。このパターンでは、患者に悪影響を与えるプロセスとそれを止めるプロセスの 2 つの目的の異なるプロセスをそれぞれ分解木として記述することを指針として与える。パーキンソン病の治療プロセスに対してこの記述パターンを適用した場合、前者に対応するものはパーキンソン病が進行するプロセスである。後者に対応するものは逆にパーキンソン病の症状を軽くするプロセスである。薬の起こすプロセスと薬を変化させる患者の体が起こすプロセスはどちらもパーキンソン病の症状を軽くするという目的のもとで発揮されていると捉えられ、これらを 1 つの分解木にまとめて記述することができる。

それら 2 つのプロセスの関係を物理プロセス知識統合モデル [小路 06] によって表したものが図 6 である。図 6 では、三角形が 1 つの医療関連プロセス分解木を表している。Y-Z 面と平行に配置されている分解木が、パーキンソン病が患者に悪影響を与えるプロセスを表現したものであり、X-Z 面に平行に配置されている分解木が、薬と患者の臓器(薬システムと呼ぶ)がパーキンソン症状を軽くするプロセスを表現した分解木である。図 6 では X-Z 面に平行な薬システムのプロセスが Y-Z 面に平行なパーキンソン病のプロセスを止めるという関連性を表現している。これによって、薬と患者の臓器が同じ目的の下でプロセスを発揮し、そのようにして発揮されたプロセスはパーキンソン病のプ

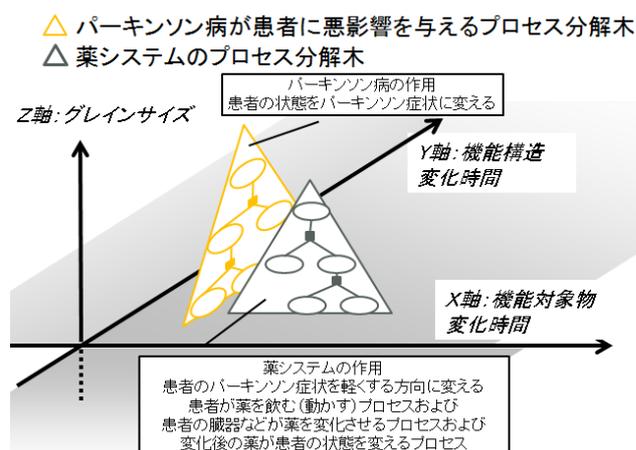


図 6: パーキンソン病の治療行為の物理プロセス知識統合モデルによる表現

ロセスを止めるためのものであるという個々のプロセスとそれらの関連性をガイドラインから抽出し明示することができた。

このような記述パターンを用意しておくことで、本枠組みを用いた医療関連プロセス知識の記述方法に関するノウハウを共有することができる。さらには、記述の指針としてパターンを利用することで、記述された知識の質を高めることも期待できる。

4. まとめと今後の展望

本研究では、医療関連プロセス知識の伝承と共有を目指して、意味が明確であり計算機理解可能で、行為主体の意図の明示化が可能である機能的知識共有枠組みの医療分野への水平展開を試みた。さらに、質の高い知識を記述するための記述パターンを構築した。このような本枠組みの性質から様々な有用性が考えられることを示した。

今後、このような本枠組みの有用性を、実際の医学学習現場などでの利用を通して検証していきたい。

参考文献

- [稲本 97] 稲本ら:放射線画像技術学, 医歯薬出版, 1997
- [医療研修推進財団 01] <http://www.pmet.or.jp/manual1/>
- [小野寺 08] 小野寺:気道確保の基本と実際, 外科治療, Vol.99, No.3, pp.254-258, 2008
- [來村 02] 來村ら:オントロジー工学に基づく機能的知識体系化の枠組み, 人工知能学会論文誌, Vol.17, No.1, pp.61-72, 2002
- [小路 06] 小路ら:オントロジー工学的考察に基づく人工物の統合的機能構造モデリング, Design シンポジウム 2006 講演論文集, pp.289-294, 2006
- [高藤 08] 高藤ら:オントロジー工学と XML 技術に基づく技術知識統合管理プラットフォームの構築, 人工知能学会論文誌, Vol.23, No.6, pp.424-436, 2008
- [日本神経学会 02] http://www.neurology-jp.org/guidelinem/neuro-parkinson/parkinson_index.html
- [熱帯病治療薬研究班 07] <http://www.ims.u-tokyo.ac.jp/didai/orphan/HTML/page-DL.html>
- [メルクマニュアル] <http://mmh.banyu.co.jp/mmhe2j/index.html>
- [山下 09] 山下ら:診療放射線技術, 南江堂, 2009
- [Boxwala 04] AA Boxwala, 他:GLIF3: a representation format for sharable computer-interpretable clinical practice guidelines, Journal of Biomedical Informatics, Vol. 37, pp.147-161, 2004
- [gooヘルスケア] <http://health.goo.ne.jp/medical/index.html>
- [Yahoo!ヘルスケア] <http://health.yahoo.co.jp/katei/index.html>