

# ユーザの視点に基づいた is-a 階層の動的生成に関する基礎的考察

## A Consideration of Dynamic is-a Hierarchy Generation based on User's Viewpoint

日原 圭佑      古崎 晃司      溝口 理一郎  
Keisuke Hihara      Kouji Kozaki      Riichiro Mizoguchi

大阪大学 産業科学研究所  
The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

This article discusses a function to generate is-a hierarchies from an ontology based on user's viewpoint. We define the viewpoint by focal definition of target concepts and a hierarchy which the concept is referring to. Then, we propose a framework to realize dynamic is-a hierarchy generation based on the viewpoint and implement the framework as extended function of Hozo in medical domain. Through the function, the users can understand an ontology from their own viewpoints.

### 1. はじめに

現在オントロジー工学の研究の進展に伴い、オントロジー構築環境は充実してきており、それに伴い様々な領域でオントロジーが構築されている。「オントロジー」とは、対象とする世界の情報処理的モデルを構築する人が、その世界をどのように「眺めたか」を明示的にしたものである。これを用いて多くの人が合意し得る基本的な概念の体系を作ることにより、知識の共有・再利用に貢献できると考えられる[溝口 05]。

オントロジーの構築では、概念間の上位下位関係を規定する is-a 関係によって構成される、is-a 階層の構築が特に重要である。その際、対象世界に存在する概念の本質的な性質に基づいて、一貫性のある1つの is-a 階層を構築することが求められる。しかし対象とする領域によっては、構築者や利用者の専門分野や立場・関心の違いによって対象世界の捉え方・視点が異なり、概念間の関係を一意に定めてオントロジーを構築することが好まれない場合がある。

例えば、医療分野において疾患の is-a 階層を構築する際には、臨床医、病理学者や看護師といった立場の違いによって、疾患に関する知識や医療行為の目的が異なるため、疾患の捉え方も異なる。疾患名(病名)の由来からみても、「障害の原因」を基に名づけられる「心筋梗塞」、や、「身体部位・臓器の状態」を基に名づけられる「肺炎」、身体部位に起こった症状を基に名づけられた「狭心症」など、様々な観点に基づいて病名が付けられている。これらすべての観点を考慮した1つの疾患の is-a 階層を構築することはできない。一方、「障害の原因」や「身体部位・臓器」の状態など、個々の観点に応じて is-a 階層を作ることではあるが、個々の観点ごとに複数の is-a 階層を作るとするのは、前述の is-a 階層は1つであるべきだというオントロジーの原則に反してしまう。

このように1つの概念群に対して、異なる観点からみた複数の is-a 階層を捉える手法として、個々の観点ごとに作った is-a 階層をそれぞれの階層上の概念間をマッピングすることで関連付ける手法や、多重継承を許すことにより複数の観点をふまえた1つの is-a 階層を構築するといった手法などが考えられる。しかしこれらの手法を用いると、オントロジーにおいて定義された概念の本質属性が曖昧になる、オントロジーの内容が観点数に応じて複雑になっていくため、その構築や管理が困難になるなどの問題が生じる。

そこで、本研究ではこのような利用者の立場や観点などの違

いによる対象世界の捉え方の違いを補完するために、あらかじめ概念の本質的な性質に基づき構築された1つの is-a 階層を元に、利用者の視点に応じた is-a 階層を再構成することにより、各利用者の捕らえ方に応じた is-a 階層を動的生成する枠組みの開発を目的とする。この枠組みを用いることにより、オントロジーの原則である一貫した視点に基づいて作られた1つの is-a 階層を維持したまま、利用者が設定した視点に応じた複数の観点による is-a 階層を適切に表すことができる。

なお、本研究では、オントロジー構築・利用環境「法造」<sup>1</sup>[古崎 02]のルール概念を中心としたオントロジー理論を基にして構築されたオントロジーを対象とする。

### 2. is-a 階層の動的生成の概要

本章では、is-a 階層の動的生成の概要について述べる。まず、動的生成に用いる、「法造」が扱うオントロジーの概要について述べたのちに、is-a 階層の動的生成の具体的な枠組みを示し、その枠組みにおける視点を定義する。

#### 2.1 「法造」が扱うオントロジー

ここでは筆者らがこれまでに開発を進めてきた、オントロジー構築・利用環境「法造」[古崎 02]が扱うオントロジーの概要を述べる。法造の特徴は、ルール概念に関する理論を中心とした、オントロジーの基礎理論に基づいて設計・開発がなされている点にある。

「ルール概念」とは、「妻としての役割(妻 role)」や「教師としての役割(教師 role)」など、あるものが特定のコンテキストのもとで果たす役割を捉えて概念化したものである[古崎 02]。これに対し、他の概念に依存せずに定義できる概念を「基本概念」と呼ぶ。

法造においてルール概念は“コンテキストとなる概念を表すノードに関連付けられたスロット”として図1-①のように表現される。例えば、学校教員ルールというルール概念は学校というコンテキ

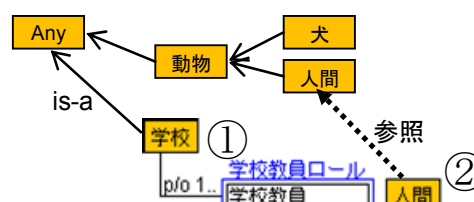


図1 法造におけるルール概念の記述方法

ストにおいて、人間によって担われる役割として定義される。このとき、「人間」のようにロール概念が表す役割を担うものが属すべきクラスに関する制約を「クラス制約」と呼ぶ。ロール概念に対し、クラス制約となる概念は「プレイヤー」と呼び、原則として基本概念の中から選ばれる。すなわち、クラス制約はコンテキスト外で定義されている概念を参照している。法造においてロール概念とプレイヤーの関係は、図1-②のようにロール概念を表す四角の右に参照先の概念を表すノードを表記することで示している。一方、ロール概念で定義された役割を担った状態にある基本概念のインスタンスは「ロールホルダー」と呼ばれる。学校教員ロールの場合、例えば人間のインスタンスである太郎が教師ロールのインスタンスが示す役割を担うことにより、学校教員(ロールホルダー)というインスタンスとなる。

## 2.2 ユーザの視点に基づく is-a 階層の動的生成

図2に、本研究で提案する is-a 階層の動的生成の枠組みの概要を示す。本枠組みでは、オントロジーにおける任意の概念を対象とし、対象とする概念の下位概念を利用者の視点に応じて再構成することで is-a 階層を動的に生成する。is-a 階層の再構成に用いる階層を生成するための視点として、対象とする概念の定義内容の一部(着目要素)と、それが参照している概念の階層(基底階層)を用いる。以下にその手順を示す。

### ① 着目要素の選択

対象とする概念の定義内容から、is-a 階層の動的生成に用いるものを着目要素(図2-①)として選択する。

### ② 基底階層の選択

着目要素が参照している概念の階層から、is-a階層の動的生成に用いるものを基底階層(図2-②)として選択する。基底階層には、あらかじめ定義されているis-a階層以外にも他の視点に基づいて「動的に生成したis-a階層」や、参照している概念の全体-部分関係を表す「p-is-a階層」[Mizoguchi 09, 古崎 10]を用いることができる。p-is-a階層とは、概念を部分性的みに着目して抽象化することによって得られる、概念の全体-部分関係(part-of関係)をis-a関係で読み替えたis-a階層である。

### ③ 階層構造の転写

着目要素を、それが参照している概念の基底階層における下位概念で特殊化することによって着目要素を特殊化し、「(特殊化された着目要素)を着目要素としてもつ対象とする概念」を生成し、対象とする概念の下位に置く。これを繰り返すことによって、基底階層と同じ階層構造をもつ対象とする概念の is-a 階層を生成することができる。このように、基底階層と同じ階層構造をもつ is-a 階層を、着目要素を特殊化することによって生成することを階層構造の転写(図2-③)、転写によって生成された is-a 階層を転写階層と呼ぶ。

### ④ is-a 階層の再構成

基底階層を用いて着目要素の上位下位関係を比較することにより、動的に生成した転写階層上の概念と、対象とする概念の下位概念の上位下位関係を定めて is-a 関係を引いていくことにより、is-a 階層を再構成する(図2-④)。

例として、図3で示すような、主な症状を表す主病態や異常個所等のスロットによって定義されている「疾患」の is-a 階層を動的に生成する場合について述べる。「主病態」スロットのクラス制約を着目要素(図3-①)、着目要素で参照している「人体異

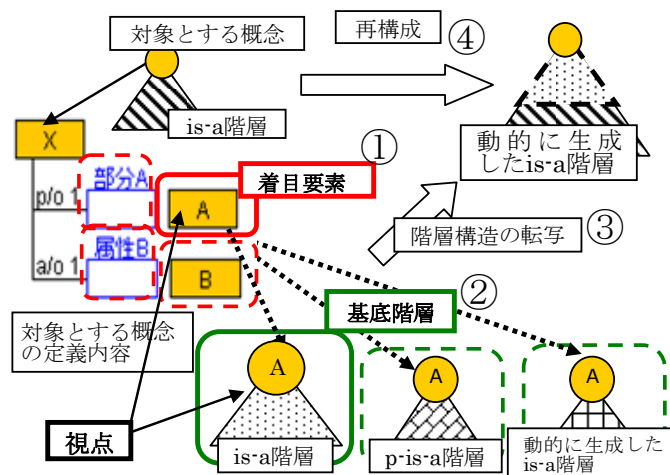


図2 is-a 階層の動的生成の枠組み

常」の is-a 階層を基底階層(図3-②)として用いる場合、「人体異常」の is-a 階層に沿って「血管異常を主病態としてもつ疾患」や「血液異常を主病態としてもつ疾患」といった概念が動的に生成される。これを繰り返すことにより、基底階層と同じ階層構造をもつ「疾患」の転写階層が生成される。そして、基底階層と着目要素を用いて「疾患」の下位概念である「心筋梗塞」や「狭心症」といった概念を、転写階層上の概念と比較し、上位下位関係を定めることにより、「疾患」の is-a 階層が再構成される。

このように、①から④の手順に沿って is-a 階層を再構成することによって、設定された視点で捉えた対象とする概念の is-a 階層を動的に生成することができる。なお本枠組みにおいて、転写階層上の動的に生成された概念、および転写階層の下位概念として配置される元の is-a 階層上の概念は、ともに対象とする概念の下位概念として定義内容(スロット定義など)をすべて継承している。その上で、上述の④では各概念の概念定義に変更を加えずに is-a 階層の再構成が行われるので、元々定義されていた対象とする概念の is-a 階層上において概念定義上の矛盾がない限り、動的に生成された is-a 階層においても概念定義上の矛盾は生じない。

## 3. is-a 階層の動的生成についての考察

### 3.1 動的生成された is-a 階層における 3 種の is-a 関係

動的生成された is-a 階層を構成する is-a 関係は、その引かれ方に応じて 3 種類に分類することができる。1つは元から定義されていた is-a 階層において引かれていた、図4における「心筋梗塞 is-a 心臓病」のような is-a 関係 A(図3-A)である。一方、動的生成の際に引かれた is-a 関係は「梗塞を主病態として持つ疾患 is-a 血管異常を主病態としてもつ疾患」と転写階層生成の際に引かれる is-a 関係 B(図3-B)と、「心筋梗塞 is-a 梗塞を主病態としてもつ疾患」のような is-a 階層を再構成の際に引かれる is-a 関係 C(図3-C)の 2 種類に分かれる。

図3の例からも分かるように、動的に生成された is-a 階層では多重継承を許容している。多重継承が現れるパターンには、「心筋梗塞 is-a 心臓病」(A)かつ「心筋梗塞 is-a 梗塞を主病態としてもつ疾患」(C)のように is-a 関係 A と C の組み合わせによるものと、「心筋梗塞を伴う動脈狭窄症 is-a 狭窄を主病態としてもつ疾患」(C)かつ「心筋梗塞を伴う動脈狭窄症 is-a 梗塞を主病態としてもつ疾患」(C)のように is-a 関係 C のみによるものがある。このことから、is-a 階層を動的に生成する際に引かれた 2 種類の is-a 関係 B と C は、1 章で述べた概念間の本質的な上位下位関係を

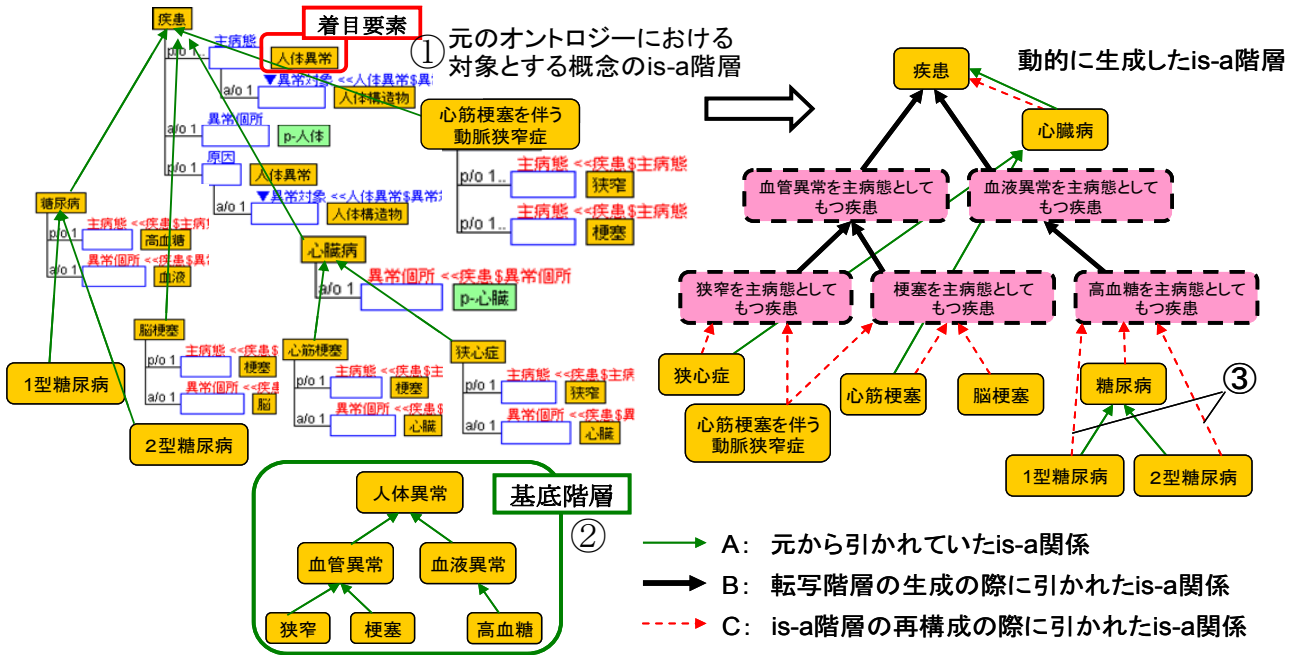


図3 疾患を対象としたis-a階層の動的生成

表したis-a関係Aより弱い、本質属性の継承を伴わない多重継承を許容するIS-A関係<sup>2</sup>として扱う。

一方で、本枠組みで目的としているユーザの視点に応じて再構成された is-a 階層を見たいときは、設定された視点に基づいて動的に引かれた is-a 関係 B,Cのみを見ればよく、元から引かれた is-a 関係 A を副次的な is-a 関係として捉えることもできる。なお、このように解釈したときであっても、例えば図4における「高血糖を主病態としてもつ疾患」の下位概念にある「糖尿病」、「1型糖尿病」、「2型糖尿病」のように、is-a 関係 C による上位概念が共通している複数の概念同士の間には is-a 関係 A が引かれている場合、is-a 関係 A, C の推移率によって導出可能な is-a 関係 (図 3-③) を削除し、元々引かれていた is-a 関係 A を用いて組織化するということが考えられる。この場合、「糖尿病」までは is-a 関係 B,C によるユーザ視点による is-a 階層、それ以下が is-a 関係 A による元の is-a 階層の一部となる。

このように、動的に生成された is-a 階層は、元の is-a 階層の上位にユーザ視点による is-a 階層をはさみ、その下位には元の is-a 階層の構造が保たれる形になる。

### 3.2 is-a 階層の動的生成における視点の考察

2.1 節で述べた、法造が扱う3種類の概念(基本概念、ロール概念、ロールホルダー)について、それぞれがどのような着目要素と基底階層の組み合わせを、is-a 階層の動的生成の際の視点として用いることができるかを考察した(図 4)。その結果、18通りの着目要素が考えられるが、対象とする概念間の相互依存性や、基底階層として動的に生成した is-a 階層を用いる場合について考慮すると、is-a 階層の動的生成に必要な視点とは図 4 の太枠で示す 4 種類(12 パターン)に集約できることが明らかになった。

## 4. is-a 階層の動的生成機能の開発

これまでに述べた is-a 階層の動的生成に関する考察を基に、利用者が視点を定めることによって基本概念の is-a 階層を動的

<sup>2</sup>法造では、多重継承を許容する概念間の弱い継承関係をIS-A関係と呼び、1章で述べたis-a関係とは区別して取扱っている。詳しくは法造に同梱されているドキュメントに記載。

に生成する「is-a 階層の動的生成機能」を「法造」の拡張機能として実装した。本章では is-a 階層の動的生成機能の概要について説明し、臨床医学オントロジーを用いて実際に疾患概念を対象として is-a 階層を動的に生成した場合について述べる。

### 4.1 is-a 階層の動的生成機能の概要

is-a 階層の動的生成機能は JavaSE1.6 を用いて開発されており、既存のライブラリとして法造が扱うオントロジーを処理するための API である HozoCore および、その GUI 作成ライブラリである OAT (Ontology Application Toolkit) を利用している。

本機能は基本概念の is-a 階層を表示する「階層表示モジュール」と、視点の設定に用いる「視点設定モジュール」から構成される。本機能を利用する流れに沿って説明する。

初めに、「階層表示モジュール」においてオントロジーを開き、対象とする概念を選択する。対象とする概念を選択した状態で、コンテキストメニュー等から「動的 is-a 階層生成」コマンドを選択することによって、「視点設定モジュール」が表示される。「視点設定モジュール」上で、着目要素として用いるクラス制約を含むスロットと、基底階層の種類、および動的生成する is-a 階層の段数を選択し、is-a 階層の動的生成を実行すると、その結果が「階層表示モジュール」に表示される。

なお、本機能において設定できる着目要素は対象とする概念がもつ「任意のスロットのクラス制約」に限定しているが、2.3

対象とする概念	着目要素	基底階層		
		動的is-a	is-a	p-is-a
基本概念	スロット(クラス制約)	○	○	○
	スロット(ロール概念)	○	×	×
	スロット(ロールホルダー)	○	×	×
ロール概念	スロット(クラス制約)	○	○	○
	スロット(ロール概念)	○	×	×
	スロット(ロールホルダー)	○	×	×
	クラス制約	○	○	○
	コンテキスト	○	×	×
ロールホルダー	ロールホルダー	○	×	×
	ロール由来のスロット(クラス制約)	○	○	○
	ロール由来のスロット(ロール概念)	○	×	×
	ロール由来のスロット(ロールホルダー)	○	×	×
	クラス制約由来のスロット(クラス制約)	○	○	○
	クラス制約由来のスロット(ロール概念)	○	×	×
	クラス制約由来のスロット(ロールホルダー)	○	×	×
	プレイヤー	○	○	○
コンテキスト	○	×	×	
ロール概念	○	×	×	

is-a階層の動的生成に必要な視点

図4 is-a階層の動的生成における視点

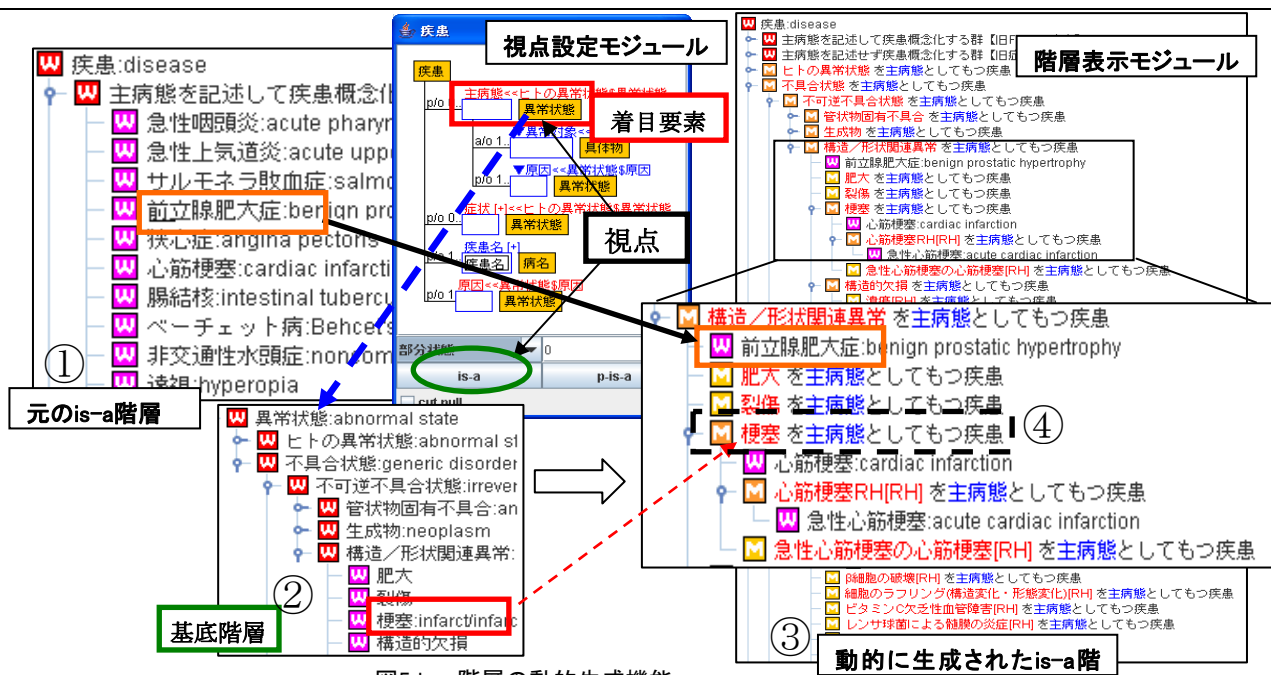


図5 is-a階層の動的生成機能

節の考察結果から、基本概念の is-a 階層の動的生成では設定される視点は「任意のスロットのクラス制約」に集約できるため、これで十分であることが分かっている。また、「動的に生成した is-a 階層」を基底階層として用いる場合については、事前にクラス制約で参照している概念の is-a 階層を動的に生成した後に、「is-a 階層」を基底階層の種類として選択して is-a 階層の動的生成を実行することによって実現している。またロール概念およびロールホルダーを対象とした is-a 階層の動的生成については、システムの内部処理に用いているが、現状ではサポートしていない。

#### 4.2 is-a 階層の動的生成機能の臨床医学オントロジーへの適用例

本節では、現在本研究室と東京大学が共同で構築を進めている臨床医学オントロジー（厚生労働省、医療情報システム開発普及等委託研究費「医療情報システムのための医療知識基盤データベース研究開発事業」<sup>3</sup>において開発）を用いて実際に疾患概念[国府 08, Mizoguchi 09]のis-a階層を動的に生成した適用例について述べる。

図 5-①にある「疾患」という基本概念の is-a 階層を、「疾患」の「主病態」になりうる「異常状態」の is-a 階層(図 5-②)を基底階層として用いて動的に生成すると、図 5-③のような「疾患」の is-a 階層が生成される。この階層において、例えば「梗塞を主病態としてもつ疾患」(図 5-④)のような「〇〇を主病態としてもつ疾患」というラベルを持つ概念は、視点に基づいて動的に生成された概念を表している。これらの概念は設定した「基底階層」上の概念と「着目要素」とした定義内容から、システムによって自動的に定義される。この階層を見ることにより、例えば「構造/形状関連異常を主病態としてもつ疾患」の下位に「前立腺肥大症」が再分類され、主病態の種類毎に、疾患概念を理解することができる。

なお上述の適用例で用いた疾患オントロジーは、約 50 の代表的な疾患を対象としたプロトタイプであるが、最新の臨床医学オントロジーではより詳細な疾患モデルに基づいた約 6000 の疾患概念が 12 診療科の臨床医らによって定義されている。これらの疾患の is-a 階層の動的生成を実現することにより、臨床医

学オントロジーにおいて定義された数千規模の疾患概念を、医療分野における各専門家が、それぞれの観点に応じた is-a 階層を動的に生成することができるようになる。

このように、is-a 階層の動的生成を実現する機能を用いることにより、オントロジーの利用者は各自の立場や観点に基づいた is-a 階層を生成することができ、各自の対象世界の捉え方により近い形でオントロジーを眺めることでその内容が理解しやすくなると考えられる。

#### 5. まとめと今後の展望

本研究では、「視点に基づく is-a 階層の動的生成」を実現する枠組みを提案し、その枠組みにおける視点について考察した。そして、この考察を基に「is-a 階層の動的生成機能」を実装した。この枠組みを用いることにより、立場の異なるオントロジーの利用者が、同じ概念をそれぞれの立場に応じた視点に基づいて生成された is-a 階層で見ることができる。本ツールを利用した疾患の is-a 階層の動的生成のデモンストレーションを医療分野の専門家に示したところ、様々な立場の医療従事者にオントロジーの内容の有効性を示す1つのツールとして高い評価を受けた。

今後の課題としては、諸概念の is-a 階層や、動的に生成した is-a 階層についてのオントロジーの基礎理論に基づくより深い考察や、最新の疾患モデルへの対応を含めた、より多様な視点に対応した is-a 階層の動的生成機能の実装などが挙げられる。

#### 参考文献

[古崎 02] 古崎晃司, 他: 「ロール」および「関係」に関する基礎的考察に基づくオントロジー記述環境の開発, 人工知能学会論文誌, Vol. 17 (3), pp.196-208 (2002)

[溝口 05] 溝口理一郎: オントロジー工学, オーム社 (2005)

[国府 08] 国府裕子, 他: 臨床医療オントロジーに関する基礎的な考察, 人工知能学会 第 22 回全国大会, 2E3-01

[Mizoguchi 09] Mizoguchi, R., et al.: An Advanced Clinical Ontology, Proc. of ICBO, pp.119-122, June 24 - 26 (2009)

[古崎 10] 古崎晃司, 他: 実践的オントロジー構築方法—臨床医学オントロジーを例として—, 人工知能学会第 24 回全国大会, 1B5-1

<sup>3</sup>http://www.m.u-tokyo.ac.jp/medinfo/medont2009proj/