

Title	視点に基づく is-a 階層の動的生成
Author(s)	古崎, 晃司; 日原, 圭佑; 溝口, 理一郎
Citation	人工知能学会論文誌, 27(3): 235-244
Issue Date	2012-04-10
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/10952
Rights	Copyright (C) 2012 人工知能学会. 古崎 晃司, 日原 圭佑, 溝口 理一郎, 人工知能学会論文誌, 27(3), 2012, 235-244. http://dx.doi.org/10.1527/tjsai.27.235
Description	

視点に基づく is-a 階層の動的生成

Dynamic Is-a Hierarchy Generation based on Viewpoints

古崎 晃司
Kouji Kozaki

大阪大学産業科学研究所
I.S.I.R., Osaka University
kozaki@ei.sanken.osaka-u.ac.jp, <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/~kozaki/>

日原 圭佑
Keisuke Hihara

(同 上)
hihara@ei.sanken.osaka-u.ac.jp

溝口 理一郎
Riichiro Mizoguchi

(同 上)
miz@ei.sanken.osaka-u.ac.jp, <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/>

keywords: ontology, is-a hierarchy, viewpoint, dynamic generation

Summary

Is-a hierarchies form the foundation of ontologies. That is, *is-a* hierarchies in an ontology reflect how the ontology captures the essential conceptual structure of the target world. Therefore, in ontological theories, an *is-a* hierarchy should be single-inheritance because the essential property of things cannot exist in multiple. However, we cannot avoid multi-perspective issues when we build an ontology because the user often want to understand things from their own viewpoints. In order to tackle this multi-perspective issue, the authors take an approach of dynamically generating *is-a* hierarchies according to the viewpoints of users from an ontology using single-inheritance. This article discusses a framework for dynamic *is-a* hierarchy generation with ontological consideration on *is-a* hierarchies generated by it. Then, the author shows its implementation as a new function of Hozo and its applications to a medical ontology for dynamically generation of *is-a* hierarchies of disease. Through the function, users can understand an ontology from a variety of viewpoints. As a result, it could contribute to comprehensive understanding of the ontology and its target world.

1. はじめに

近年、爆発的な増加を続ける情報に意味を与え、適切な知識として処理するための基盤技術として、様々な領域におけるオントロジー構築とその利用が盛んに行われている [来村 10a, 来村 10b]。オントロジーは「概念化の明示的な規約 (explicit specification of a conceptualization)」 [Gruber 92] や「対象世界をどのように眺めたかを明示的にした概念体系」 [溝口 05] と定義される。よって、オントロジーを構築することは、対象世界に現れる概念の本質を捉え、対象世界をどう眺めたかを明らかにすることであると言える。

オントロジーにおいて各概念は、他の概念との関係を記述することで、その意味が明示的に定義される。中でも概念の一般-特殊関係を表す is-a 関係 (sub-class-of 関係とも呼ばれる) は、オントロジーにおける概念定義の中核をなす最も重要な関係である。オントロジー上の概念を is-a 関係に基づいて階層化した is-a 階層は、対象世界に存在する概念を体系的に示したオントロジーの骨格であり、その対象世界に現れる概念の本質的な性質を「どう理解したか」の結果が is-a 階層に現れる。概念の本質的な性質を如何に捉えるかという哲学的考察は、オント

ロジーの理論的研究において常に議論されている重要な点であり、is-a 階層は単なる語彙階層ではない。

このことは、理論的正当性に裏付けされた上位オントロジー DOLCE を開発した Guarino らや、バイオインフォマティクス分野で広く用いられている上位オントロジー BFO を開発した Smith らの以下の取り組みからも伺える。Guarino らは、is-a の安易な多用を is-a overloading と批判 [Guarino 98] し、identity criteria に基づいた概念定義を核とするオントロジー構築方法論 OntoClean を開発しており、Smith らは Formal オントロジーの理論的な観点から GeneOntology^{*1} を批判し、後にバイオインフォマティクス分野のオントロジーの統合を目指した OBO Foundry [Smith 07] という取り組みにおいて、多重継承を利用しないというオントロジー構築ガイドラインを推奨している。すなわち、対象世界を正確に捉え、そこに存在する概念の本質的な性質^{*2} を明示化しようとするオントロジーの理論的 (工学的) な立場からは、一貫性を持った概念化が強く求められる。よって、is-a 階層構築

*1 <http://www.geneontology.org/>

*2 本論文で用いる「法造」のオントロジー理論では、概念の本質的な性質 (本質属性) を「インスタンスの生成・消滅に関わる性質」としている [古崎 02, 太田 11]。

の際には、概念の本質的な性質に基づいて組織化された多重継承を含まない単一の is-a 階層を構築することが求められる。

一方、現実世界の対象領域(ドメイン)においては、立場や考え方の違いによって多様な視点から概念が捉えられることが多い。例えば、医療分野において疾患の is-a 階層構築を考えると、臨床医や病理学者、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に、疾患の捉え方も異なる。また、疾患名(病名)の由来からみても、「障害の原因」を基に名づけられた「心筋梗塞」や、「身体部位・臓器の状態」を基に名づけられた「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疾患の名前がつけられている。

このような多様な視点から捉えられる概念について、オントロジーとしての一般性や一貫性を重視して多重継承を用いない単一の is-a 階層で表現しようとする、いくつかの観点を捨象し新たな観点を導入せざるを得ない。しかし現実問題としては、長期間に渡って多様な視点からの概念化や体系化が行われてきた概念について、既存の知識体系を覆し、単一の観点から再組織化することは、領域の専門家の理解との相違が生ずるため受け入れられ難く事実上不可能に近いと思われる。

そのため、多様な視点から捉えられる概念の is-a 階層を構築する際には、同じ対象領域にも関わらず異なる観点毎に複数のオントロジー(is-a 階層)が構築されたり[Tudorache 10]、多重継承が用いられたりすることが多い。しかし、同じ対象領域に複数のオントロジーが存在すると、相互運用性を確保するためのマッピングが必要となる。オントロジーマッピングに関する研究は盛んに行われているが現状の技術では自動化は難しく、さらに異なる観点で構築されたオントロジーのマッピングには多大のコストがかかる上、観点の数だけ必要なマッピングが指数関数的に増大する。また、多重継承を用いると複数の観点が混同するため、何が本質かを明らかにすべきオントロジーにおいて、その本質が曖昧になるという大きな弊害が生じる。OBO Foundry が設けている、1つの対象領域には1つのオントロジーのみを構築する、多重継承は極力避けるといったガイドラインは、これらの問題を避けるためのものと言える。

このように、オントロジーとしての一般性や一貫性を追求すれば、対象世界の多様性を捨象せざるを得ず、多様な観点を許容すれば、本質的な性質を一貫性をもって明示化するというオントロジー本来の役割を果たすことができない。ここに、これまでのオントロジー研究で解決することが出来なかった大きなジレンマが存在する。換言すると、この問題は理論と実践の対立と言うこともできる。理論家からすれば「美しい」オントロジーを作るべきであるが、実践家からすれば実問題に忠実なオントロジーで無ければ意味がない。このような理論と実践

の対立は、実領域を対象としたオントロジー構築の場で、しばしば指摘されている[Merrill 10, 太田 11]。これが相互の乖離を生み、両者の距離を広めているとすれば、ゆゆしき問題であろう。

この問題を解決するには、対象世界の本質を捉えようとするオントロジーの理論的立場を保ちつつ、現実世界の多様性も許容し、理論と実践の溝を埋めるアプローチが必要とされる。その際には、理論のみを追求することも戒めなければならないが、錯綜した現実の複雑性を隠れ蓑にして、安易な多重継承の利用や理論的考察が不十分な概念化もまた慎まなければならない。

実際、多重継承が使われている多くの場合は、ロール理論を適用することで回避すべきである。例えば、〈教授 is-a 人間, 教授 is-a 大学教員〉という多重継承において教授と人間の間の関係は、人間が大学というコンテキストのもとで果たす役割を表すロール^{*3}が教授であると捉えることで正しい概念化が行える[古崎 02, Mizoguchi 07, 太田 11]。また、OWL など記述論理に基づいたオントロジー構築では、多重継承表現を直接的に用いる代わりに概念分類の際に用いられる属性として概念定義に記述し、推論機構を用いた自動分類により is-a 階層を生成するというアプローチがしばしば取られている[Adams 09]。

このように理論的な立場からの多重継承を回避した上で実問題の多様性を正確に捉えたオントロジーを構築する手法はいくつか提案されている。しかし、そのようにして構築されたオントロジーは、必ずしも実践の場における専門家の直観的な理解に即したものではない。特に対象世界に存在する概念体系の骨格である is-a 階層には、現場での理解に忠実であることが強く求められる。このような理論と実践の対立を緩和するための近似的な枠組みとして、先行研究では、インスタンスの生成・消滅に関する性質の継承を伴わない弱い意味の is-a 関係を表す IS-A 関係を導入した[太田 11]。これによりオントロジーの理論的整合性を損なわずに、実践の場での捉え方に近い多重継承を許容した is-a 階層の表現が可能となった。

しかしながら、多重継承を用いた is-a 階層では、いずれの視点に基づく is-a 階層も同等に表現されるため^{*4}、視点毎の捉え方の違いが暗黙的となり、利用者の関心や目的によって変化する概念化の多様性を柔軟に表すことができない。また、視点の数に応じて異なる is-a(IS-A)階層を構築する必要があるため、視点の数が増加するとそれらの間の関係性を適切に管理することが困難になる。

そこで本論文では、対象世界に現れる概念の本質的な

*3 正確には役割を概念化したロール概念とその役割の担い手(プレイヤー)が、ロール概念を担っている状態を概念化したロールホルダーに分かれる。

*4 IS-A 関係を用いた多重継承表現では、本質的な性質の継承を表す強い is-a と多重継承表現を許容する弱い IS-A が区別して扱われるが、複数の IS-A 関係を用いた多重継承表現では、いずれの IS-A 階層も同等に扱われ区別されない。

性質を捉えた単一継承による is-a 階層から，利用者の視点に応じた is-a 階層を動的に生成する枠組みを提案する．本枠組みを用いることで，オントロジーにおいて明らかにすべき概念の本質的な性質を明示化した is-a 階層と，対象領域における利用者にとって理解しやすい個々の視点に応じた is-a 階層を適切に使い分けることが可能となる．その結果，従来は理論的な一貫性が保証されたオントロジーとして構築することが難しいと思われていた「多様な視点から捉えられる概念の適切な is-a 階層」の構築を可能とする新しいオントロジー構築手法になることが期待される．

以下，2 章では本研究が対象とするオントロジーについて概説したあと，本論文の主題である is-a 階層の動的生成の枠組みについて述べる．3 章では，本枠組みを用いて生成した is-a 階層について，オントロジー工学的な観点から考察する．4 章では，is-a 階層の動的生成機能の実装と，現在開発が進められている臨床医学オントロジーへの適用について述べる．続く 5 章では関連研究との比較を議論した後，6 章で今後の課題を述べると共に，本論文を結ぶ．

2. ユーザの視点に基づく is-a 階層の動的生成

2.1 対象とするオントロジーの概要

ここでは本研究が提案する枠組みが対象とする，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，ロ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．

「ロール概念」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．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．

法造においてロール概念は“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」ロールというロール概念は「学校」というコンテキストにおいて「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

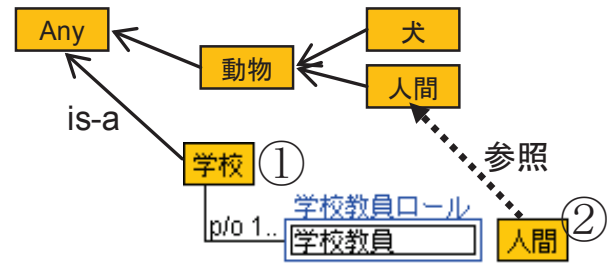


図 1 法造におけるロール概念の記述方法

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．

このように，本研究が対象とするオントロジーにおいて，基本概念は「ロール概念」「クラス制約」「ロールホルダー」によって構成されるスロットによって定義される．これらの定義内容は，is-a 階層において上位概念から下位概念へ継承される．さらに下位概念の定義では，スロットを構成する「ロール概念」「クラス制約」「ロールホルダー」が参照している概念階層に沿ってその定義内容が特殊化される．本研究では，このような is-a 階層の性質に注目し，定義内容が参照している概念階層を用いて，is-a 階層を再構成するというアプローチを考える．

2.2 階層構造の転写による is-a 階層の動的生成の枠組み

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，オントロジー上の任意の概念を対象とし，その下位概念を利用者の視点を基に再構成することによって is-a 階層を生成する．

is-a 階層の再構成を行う際の視点として，対象とする概念（以下，対象概念と呼ぶ）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．前節で述べたように，対象概念の下位概念は，対象概念の定義内容を特殊化したものを持ちうることから，着目要素を基底階層に沿って特殊化することによって対象概念を特殊化し，それを用いて対象概念の下位概念を分類することができる．そこで，着目要素と基底階層を用いて以下の手順で is-a 階層を生成することを考える．

① 着目要素の選択

対象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．基本概念を対象概念として選んだ場合，着目要素として用いることができる定義内容は，その基本概念がもつスロットの構成要素であるロール概念，ロールホルダー，クラス制約である．本論文ではそれらのうちクラス制約を着目要素とし，それが参照している基本概念の階層を用いる場合について考える．

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

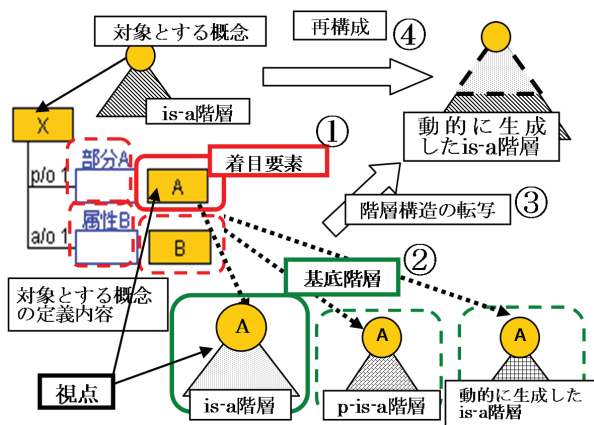


図2 法造におけるロール概念の記述方法

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、参照している概念の全体-部分関係に沿って生成される「p-is-a 階層」[古崎 10, Mizoguchi 09] や、本枠組みを用いて「動的に生成した is-a 階層」を用いることが考えられる。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、参照している概念の基底階層における下位概念を用いて特殊化することによって、対象概念の下位概念を生成する。このとき、生成された概念の名前は「(特殊化された着目要素) を着目要素としてもつ対象概念」のように、設定された着目要素と基底階層上の概念を用いて自動的に生成される。

基底階層上の下位概念を用いてこのような特殊化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、対象概念の新しい is-a 階層を生成することができる (図 2-③)。このように、基底階層を用いて同じ階層構造をもつ階層を作るとを階層構造の転写、階層構造の転写によって生成された階層を転写階層と呼ぶ。なお、基底階層上のすべての概念を転写する必要はなく、その一部を転写した階層を is-a 階層の動的生成に用いる場合も考えられる。

④転写階層を用いた is-a 階層の再構成

元のオントロジーにおいて定義されていた対象概念の下位概念 (既存概念) の定義内容を、転写階層上の概念 (生成概念) の定義内容と比較することによって、新たな上位下位関係を定めて is-a 階層を再構成する (図 2-④)。

この際、既存概念と生成概念の上位下位関係は、それぞれの定義内容 (スロット) のうち着目要素 (着目されたスロットのクラス制約) で参照している概念間の基底階層上での上位下位関係を比較することで決定される。

具体的には、既存概念の着目要素で参照している概念が、基底階層上で、生成概念の着目要素で参照している概念と「同じ概念」もしくは「その下位概念」となっているときに、その生成概念がその既存概念の上位概念になると判定される。なお各既存概念は、その上位概念と判定された生成概念のうち、最も特殊化されたものの下位概念に分類される。

以上の①から④の手順を踏むことで、基底階層の階層構造を転写した階層を用いて既存概念を分類し、is-a 階層を動的に生成することができる。

なお、OWL などの記述論理を用いたオントロジーでは、推論機構を用いた概念の属性定義に基づいた自動分類により、is-a 階層を生成することができる。しかし、推論機構を用いた自動分類では、生成される is-a 階層が一意に定まることから、ユーザの視点に応じた多様な is-a 階層を表わすことができない。それに対し、本枠組みにおける is-a 階層の動的生成は、設定された視点に基づいて分類のための is-a 階層 (転写階層) を動的に生成し、それを基にして対象概念の is-a 階層を再構成しているため、利用者の視点に応じて様々な is-a 階層を生成できる。

2.3 is-a 階層の動的生成の適用例

§1 is-a 階層を基底階層として用いる場合

図 3 左で示すような、主な病態を表す「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。ここでは「主病態」スロットのクラス制約を着目要素 (図 3-①) とし、そこで参照している「人体異常」の is-a 階層を基底階層 (図 3-②) として用いた場合について述べる。

まず、基底階層である「人体異常」の is-a 階層に沿って着目要素を特殊化することによって「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って基底階層である「人体異常」の is-a 階層の階層構造が転写され、「疾患」の転写階層が生成される (図 3-③)。そして、元々定義されていた「疾患」の下位概念である「心筋梗塞」や「狭心症」といった概念と、転写階層上の概念の上位下位関係を、着目要素である「主病態」のクラス制約を「人体異常」の is-a 階層を用いて比較することによって定めることにより、「疾患」の is-a 階層が再構成される (図 3-④)。

生成された階層において、1つの転写階層上の概念に複数の既存概念が分類された場合、それらに元々引かれていた is-a 関係 (図 3-⑤) を用いることによって分類された概念を組織化することができる。

§2 p-is-a 階層を基底階層として用いる場合

続いて、同じ「疾患」の is-a 階層を対象として、「異常個所」スロットのクラス制約を着目要素とし、そこで参照している「人体」の p-is-a 階層を基底階層として用い

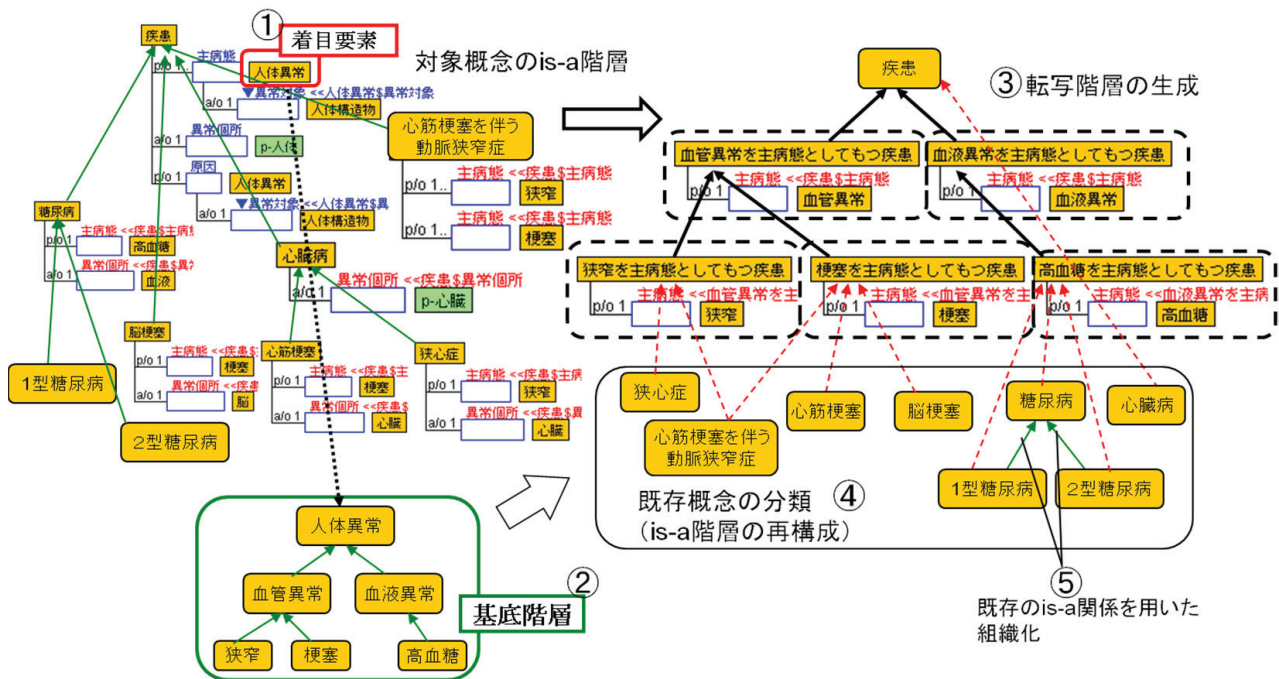


図3 人体異常の is-a 階層を用いた場合

た場合について述べる (図4)。

一般に、概念の定義内容はそれが参照している概念の下位概念で特殊化される。しかし、例えば「心臓弁の病気 is-a 心臓病」における「異常個所」のクラス制約が、「心臓」から「心臓弁」に特殊化されるように、定義内容がその全体部分関係 (part-of 関係) に沿って特殊化される場合がある。

このように、part-of 関係に沿った定義内容の特殊化が考えられるとき、その定義内容が参照しているのは「参照している概念そのもの」ではなく、参照している概念の「部分性のみに着目して抽象化した概念」であると考えられる。法造では、このような「概念の部分性のみに着目して抽象化された概念」を「p-オペレータ」を付与することによって表現する。p-オペレータを用いることによって、「心臓弁 part-of 心臓」といった part-of 関係を「p-心臓弁 is-a p-心臓」という is-a 関係に読み替えることができる。このように、part-of 関係を is-a 関係に読み替えて得られた、概念間の全体-部分関係を表わす階層を p-is-a 階層と呼ぶ。

よって、着目要素として選択したクラス制約に p-オペレータが付与されている場合、その着目要素は参照している概念の全体-部分関係に沿って特殊化できることから、is-a 階層を動的生成する際の基底階層として、p-is-a 階層を用いることができる。図4 - ①において着目要素とした「疾患」の「異常個所」スロットのクラス制約には p-オペレータが付与されており、「人体」の部分である「循環器系」や「呼吸器系」で着目要素を特殊化できることから、図4に示すように「人体」の p-is-a 階層に沿って着目要素を特殊化して「p-循環器系を異常個所としても

つ疾患」や「p-呼吸器系を異常個所としてもつ疾患」といった概念からなる転写階層を生成し、「疾患」の is-a 階層を再構成することができる。

この他にも、本枠組みを用いて「動的に生成した is-a 階層」を基底階層として用いることで、本枠組みを再帰的に適用することもできる。このように、「疾患」の定義内容が参照している概念階層を用いて、様々な 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 is-a 階層を動的生成する際の対象概念としては、「疾患」のような最上位の概念だけではなく、元の is-a 階層上の任意の概念を指定することができる。例えば、「心臓病」のような「疾患」の下位概念を対象として着目要素と基底階層を設定し、その is-a 階層を再構成することで、「疾患」の is-a 階層を部分的に再構成することもできる。

3. 動的に生成された階層に関するオントロジー工学的考察

3.1 動的生成された階層における3種の関係

ここでは、本枠組みを用いて動的に生成された階層における is-a 関係の種類について考察する。動的に生成された階層において、is-a 関係はその引かれ方に応じて以下の3種類に分類することができる。

(A) 元のオントロジーにおいて引かれていた is-a 関係
本枠組みを適用するオントロジーにおいて元々引かれていた is-a 関係。概念間の本質的な上位下位関係を表わし、多重継承を許さない。

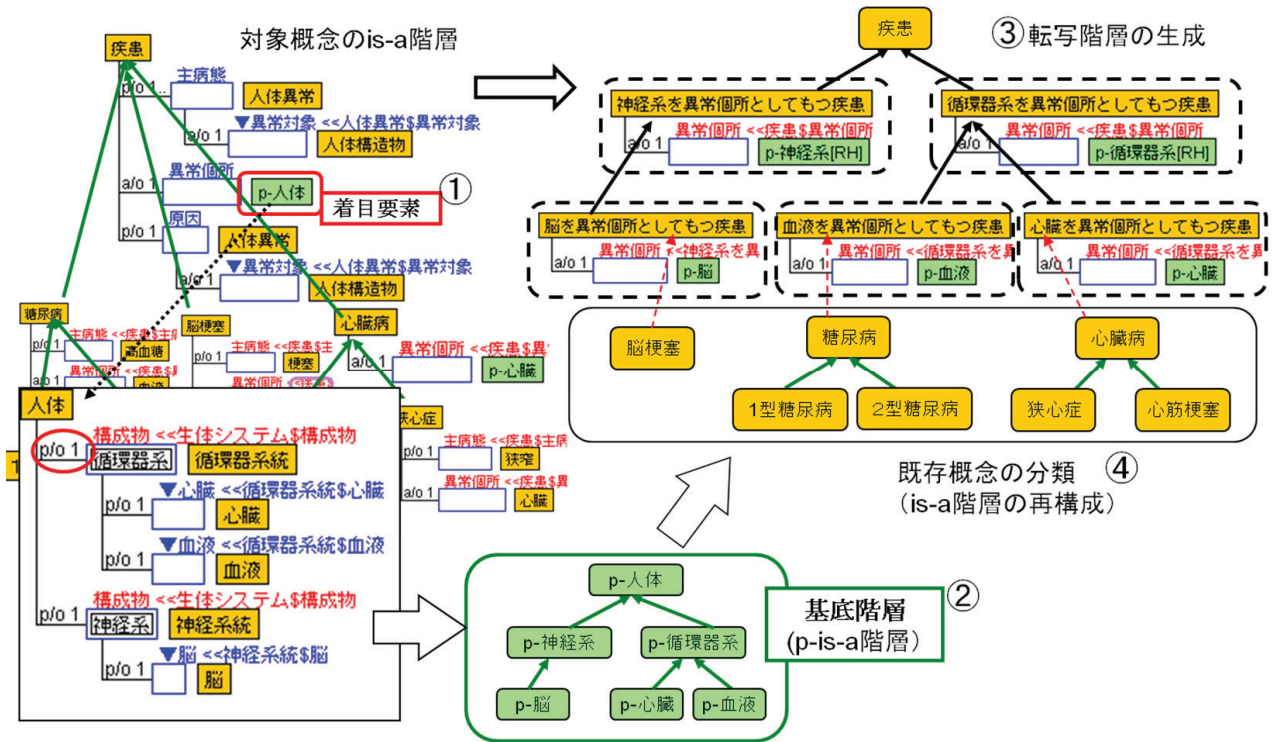


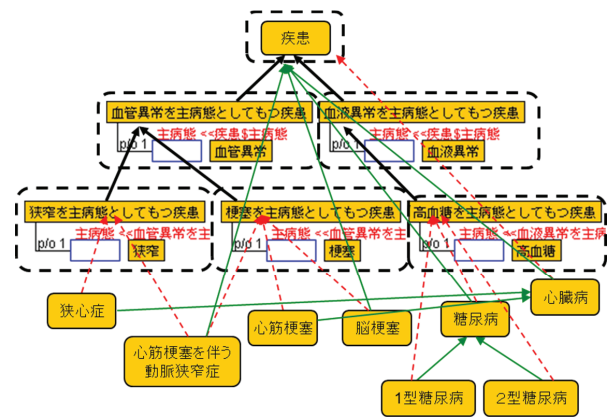
図4 人体の p-is-a 階層を用いた場合

(B) 転写階層を生成する際に引かれる is-a 関係 転写階層上の概念間に引かれる is-a 関係．着目要素を基底階層に沿って特殊化することによって，対象概念を特殊化する際に引かれる．

(C) is-a 階層の再構成の際に引かれる is-a 関係 元のオントロジーにおいて定義されていた対象概念の下位概念と，転写階層上の概念の間に引かれる is-a 関係．着目要素の上位下位関係を基底階層を用いて比較することによって，転写階層上の概念の下位概念として，対象概念の下位概念が配置される．

関係 (A) は元々定義されていた関係であるのに対し，関係 (B) と関係 (C) は本枠組みを適用した時に機械的に引かれる関係である．

2.3 節で例示した動的に生成された is-a 階層におけるこれら 3 種類の is-a 関係を図 5 に示す．図から分かるように，元々オントロジー上で定義されていた概念には is-a 関係 (A) による上位概念がすでに存在していることから，関係 (C) によって転写階層の下位に分類する際に必ず多重継承が生じる．ここで，関係 (A) と関係 (C) を同じ is-a 関係として扱うと，動的に生成された is-a 階層において，各既存概念に複数存在する上位概念のいずれから本質属性が継承されているかが暗黙的になってしまう．そこで，インスタンスの生成消滅に関する性質を継承せず，それ以外の属性のみを継承する弱い is-a 関係を表わす IS-A 関係を用いる．is-a 階層の動的生成の際に機械的に引かれた関係 (C) をこの IS-A 関係*5 とし，強



→ A: 元から引かれていた is-a 関係
 → B: 転写階層の生成の際に引かれた is-a 関係
 - - - C: is-a 階層の再構成の際に引かれた is-a 関係

図5 生成された階層における 3 種類の is-a 関係

い is-a 関係 (A) や (B) と区別することによって，多重継承による本質属性の隠蔽の問題を避けることができる．

3.2 動的に生成された階層における上位下位関係の整合性

is-a 階層の動的生成を行う際，先に述べた関係 (B) と関係 (C) を機械的に引くことによって，上位概念の定義内容と下位概念の定義内容の矛盾や，意図しない定義内容が下位概念に継承されることが懸念される．そこで，

*5 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，本質属性の継承を伴う“is-a 関係”とは区別して

取扱っている．詳しくは [太田 11] を参照．

関係 (B) と関係 (C) を引く際にこのような問題が生じることがないかを考察する。

§ 1 関係 (B) について

関係 (B) は基底階層に沿って着目要素を特殊化することによって対象概念を特殊化し、転写階層を生成する際に引かれる関係である。関係 (B) における下位概念は、着目要素を基底階層の下位概念で特殊化して動的に生成される概念である。着目要素以外の定義内容は特殊化しないため、基底階層において概念間の上位下位関係が正しく定義されていれば、それに沿って特殊化された着目要素が上位概念の定義内容と矛盾することはない。よって、着目要素のみを特殊化していくことによって生成される、関係 (B) の階層において、概念定義上の矛盾が生じることはない。

§ 2 関係 (C) について

関係 (C) は転写階層上の概念 (生成概念) の下位に、元々定義されていた対象概念の下位概念 (既存概念) を分類する際に引かれる関係である。関係 (C) において上位にくる生成概念と、下位にくる既存概念は、共に対象概念のすべての定義内容 (スロット) を継承している。また、生成概念は対象概念から継承されたもの以外のスロットを定義内容として持たず、それらのうち着目要素 (着目されたスロットのクラス制約) のみが特殊化されている。そして関係 (C) は、生成概念で特殊化された着目要素 (s1 とする) と既存概念の着目要素 (s2 とする) を比較し、s1 が参照している概念が、基底階層上で s2 が参照している概念と同じか、その上位概念となっている時のみ引かれる。よって、関係 (C) を引くことにより、生成概念から既存概念へ新たな定義内容 (スロット) が継承されることはなく、生成概念以外の上位概念から継承された定義内容との矛盾が生じることもない。

以上の考察から分かるように、本枠組みにおいて関係 (B) と関係 (C) を機械的に引くことによって動的に生成された階層では、概念定義上の矛盾は生じず、元々定義されていた概念の定義内容が変わることもない。また、本枠組みでは元々定義されていた概念間に新たな関係を引かないので、元のオントロジーにおける概念間の上位下位関係も維持されている。すなわち、本枠組みを用いれば、対象とするオントロジーにおいて定義されている概念の定義内容や上位下位関係を変えることなく、矛盾のない is-a 階層を動的に生成できる。

4. is-a 階層の動的生成機能の実装

4.1 is-a 階層の動的生成機能の概要

ここまで述べてきた 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。本機能は JavaSE1.6

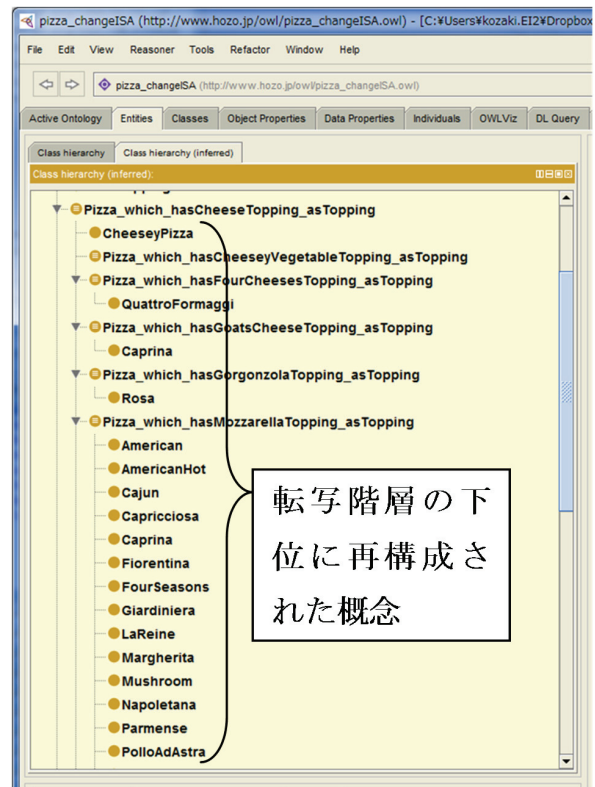


図 6 Protégé 上で推論機構を用いて is-a 階層の再構成を行った例

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) *6 を利用している。

Is-a 階層の動的生成は、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」を用いて行う「階層表示モジュール」上で、対象概念を選択し「動的 is-a 階層生成」コマンドを実行すると「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、基底階層の種類、および動的生成する is-a 階層の段数を選択することで視点を設定すると、その視点に基づいて is-a 階層を動的生成した結果が「階層表示モジュール」に表示される。生成した is-a 階層を保存し、後ほど法造で閲覧することもできる。

なお法造のインポート/エクスポートする機能を用いることで、OWL 形式のオントロジーを対象とした is-a 階層の動的生成も可能である。その際、転写階層のみを生成した状態でオントロジーを OWL 形式でエクスポートすると、そのオントロジーに DL の推論機構を用いた自動分類を適用することで「転写階層を用いた is-a 階層の再構成」を行うこともできる。図 6 は Pizza Ontology*7 に is-a 階層の動的生成を適用して得られた転写階層を Protégé

*6 HozoCore および OAT は共に、<http://ontsupport.enegate.jp/ontology/>にて公開されている。
*7 <http://www.co-ode.org/ontologies/pizza/2007/02/12/>

で読み込み、推論機構 (FaCT) による自動分類の結果、再構成された is-a 階層の例である。今後、法造を介さずに OWL-API などを用いて直接 OWL オントロジーの動的 is-a 階層生成を行えるシステムの開発を検討している。

また、Web ブラウザ上で実行可能な法造のオントロジー閲覧サービス^{*8}にも、同様の is-a 階層動的生成機能を追加した。現在、これらの is-a 階層動的生成機能をモジュール化し、他のシステムと連携させることができるライブラリとして提供する準備を進めている。

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、本研究で開発した is-a 階層の動的生成機能を、筆者らが東京大学と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」において開発) [Mizoguchi 09, Mizoguchi 11] に適用した例について述べる。図 7-①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 7-②) を基底階層として用いて動的に生成すると、図 7-③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 7-④) のような「 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 200 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て 12 診療科の臨床医らによって定義された約 6000 の疾患概念を含む、およそ 15000 の基本概念が定義されている。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、それぞれの視点に応じた 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視点に基づいた 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。

なお、上述の臨床医学オントロジーの最新版を用いた is-a 階層の動的生成機能の動作確認はすでに終了している。

しかし、最新版の臨床医学オントロジーでは、疾患概念の定義が因果連鎖を中心としたより詳細な定義 [Mizoguchi 11] に変更されたため、完備な is-a 階層の動的生成を実現するためには、視点として用いる着目要素と基底階層を疾患概念の因果連鎖モデルに対応したものに拡張する必要がある。

4.3 提案手法の適用範囲

適切に定義したオントロジーに提案手法による is-a 階層の動的生成を適用すると、原理的には、従来は概念分類の観点毎に「多重継承を用いること」や「複数のオントロジーを構築すること」で表現されていたオントロジーと、同等の観点に基づいた is-a 階層を 1 つのオントロジーで表現することができる。その際には、表したい観点毎に「着目要素とするスロット」と「そのスロットで参照する概念の is-a 階層 (基底階層)」を適切に定義したオントロジーを用意する必要がある。しかし、既存のオントロジーや疾患の分類階層などの多くは、必ずしも分類の観点が一定しているとは限らず異なる観点が混在していることが多い。そのような既存の is-a 階層を提案手法による動的生成で完全に再現することには、複雑な概念定義や複数回の is-a 階層動的生成の組み合わせ等が必要となり、あまり現実的ではないと思われる。この点が提案手法では表現が難しい点といえる。

なお、このような提案手法の特徴を踏まえ、筆者らが構築を進めている臨床医学オントロジーでは、

- 動的生成では対応が難しいであろう、診療科毎の代表的な疾患の is-a 階層については臨床医が構築する。
- 診療科の種類によらない、汎用的な観点による疾患の is-a 階層については、提案手法による動的生成を用いる。

という使い分けを想定している。

実際に各診療科で構築を進めている疾患の is-a 階層は、病因など臨床的な観点によるものが多いが、一般の患者が必要とするであろう「部位毎」、「症状毎」などの観点で分類された is-a 階層は、2.3 節の例で述べたように提案手法による is-a 階層の動的生成で対応できることが確認できている。

5. 関連研究

多様な視点から捉えられる概念を、多重継承を用いずに扱う手法としては、単一継承のみで構築したオントロジーに DL の推論機構による自動分類を適用するという手法がしばしば用いられる [Adams 09]。これは、本研究で提案した is-a 階層の動的生成における「④転写階層を用いた is-a 階層の再構成」と同様の定義内容に比較に基づく is-a 関係の同定を、推論機構を用いて行っていること相当する。しかし、この手法では、動的に再構成される is-a 階層は 1 種類に固定される。すなわち、1 つのオン

*8 <http://hozoviewer.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/HozoWebXML/>

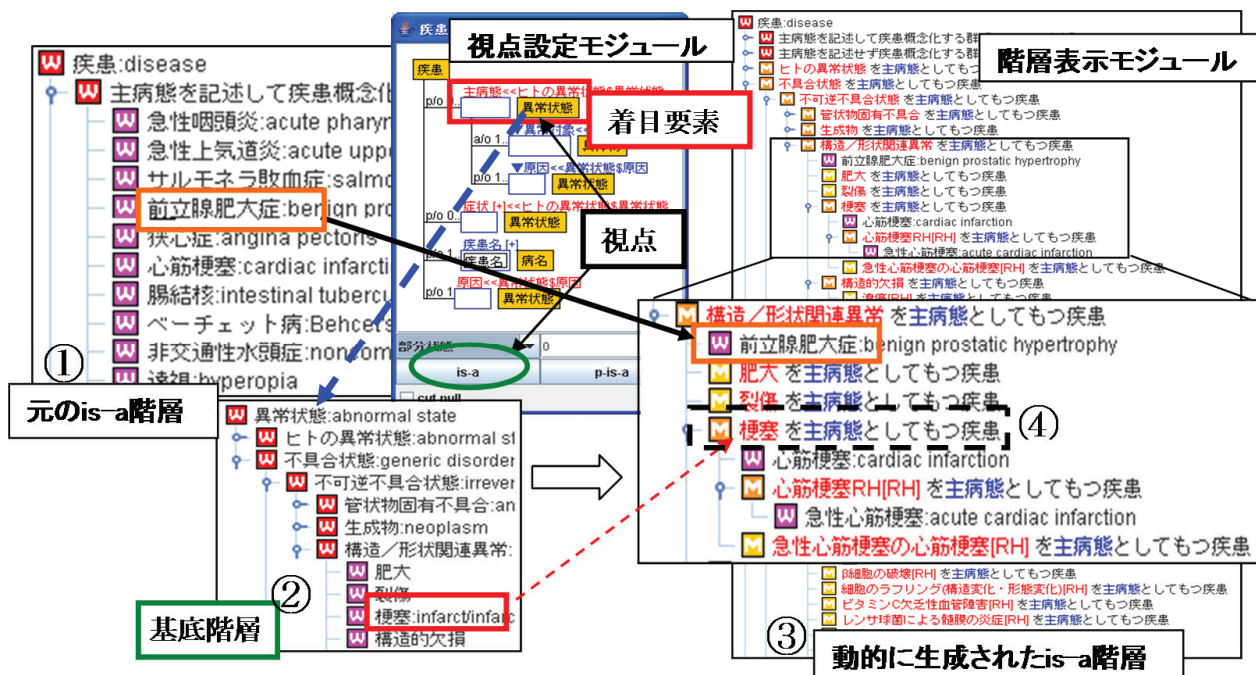


図7 is-a 階層の動的生成機能機能の臨床医学オントロジーへの適用

トロジーから自動分類で得られる is-a 階層は 1 種類のみのとなり、同じオントロジーから複数の観点に応じた is-a 階層を再構成することはできない。それに対し、同じオントロジーから視点を自由に選び様々な is-a 階層を動的に生成することができるという柔軟性が、提案手法の特徴である。

一方、多様な観点を動的に切り替えて扱う手法としてはファセット分類 (Faceted Classification) がよく用いられる。セマンティックウェブ研究においては、Suominen や Holi らが、オントロジーの定義内容からユーザが選択したファセットに沿ったファセット分類をポータルサイト向けの意味検索に用いることを提案している [Suominen 07, Holi 10]。また Rodriguez-Castro らは、OWL を用いてファセット分類を定式化するデザインパターンを提案している [Rodriguez-Castro 10]。提案手法における「③階層構造の転写」はファセット分類の考え方に近い技術を用いているが、本研究では生成された is-a 階層の概念的な意味に着目している点がファセット分類とは異なる。p-オペレータを用いた p-is-a 階層の導入や、生成される is-a 階層の種類のカテゴリなどが、オントロジー工学的に基づく概念的考察の成果であると言える。

6. おわりに

本論文では、オントロジーにおいて is-a 階層を構築する際の視点の多様性の問題を取り上げ、その解決方法としてユーザの視点に基づく is-a 階層の動的生成の枠組みを提案した。本提案手法の特徴は、オントロジーの整合性を保ちつつ、任意の視点から捉えた is-a 階層を柔軟に

生成できる点にある。さらに、提案した is-a 階層の動的生成手法をオントロジー構築・利用環境「法造」の拡張機能として実装し、臨床医学オントロジーにおける疾患概念の is-a 階層の動的生成に適用した。これにより、多様な観点から捉えられるため一貫性を持った概念化が困難とされていた疾患オントロジー構築に、適切な解決の道筋を与えることができたと思われる。この手法は、疾患オントロジーの構築に携わっている医療分野の専門家からも好意的な意見を受けており、最新の疾患オントロジーの概念定義に合わせた詳細な視点に対応することで、更なる貢献が期待される。具体的には、本論文では範囲外としていた、ロール概念・ロールホルダーの is-a 階層、因果連鎖などに着目した視点の考察や、複数の視点を組み合わせた is-a 階層の動的生成について考察を深める必要がある。

今後、これらの考察を進めることで、利用者の視点により忠実に反映した is-a 階層の動的生成が実現されると共に、オントロジーの概念構造を適切に利用するための有用な知見が得られることが期待される。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金若手研究 (A) 20680009、日本学術振興会の最先端研究開発支援プログラムおよび厚生労働省医療知識基盤研究開発事業よりの助成を受けたものである。

◇ 参考文献 ◇

[Adams 09] Adams, N., Cannon, E. O., and Murray-Rust, P.: ChemAxiom -An Ontological Framework for Chemistry in Sci-

- ence, in *Proc. of International Conference on Biomedical Ontology (ICBO)*, pp. 15–18 (2009)
- [Gruber 92] Gruber, T.: A Translation Approach to Portable Ontology Specifications, in *Proc. of JKAU'92*, pp. 89–108 (1992)
- [Guarino 98] Guarino, N.: Some Ontological Principles for Designing Upper Level Lexical Resources, in *Proc. of First International Conference on Language Resources and Evaluation* (1998)
- [來村 10a] 來村 徳信 (編): 特集「オントロジーの進化と普及」(前編), *人工知能学会誌*, Vol. 25, No. 3, pp. 315–365 (2010)
- [來村 10b] 來村 徳信 (編): 特集「オントロジーの進化と普及」(後編), *人工知能学会誌*, Vol. 25, No. 4, pp. 473–536 (2010)
- [古崎 02] 古崎 晃司, 來村 徳信, 池田 満, 溝口 理一郎: 「ルール」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, *人工知能学会誌*, Vol. 17, No. 3, pp. 196–208 (2002)
- [古崎 10] 古崎 晃司, 国府 裕子, 今井 健, 大江 和彦, 溝口 理一郎: 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, 第 24 回人工知能学会全国大会, 1B5-1 (2010)
- [Holi 10] Holi, M.: *Crisp, Fuzzy, and Probabilistic Faceted Semantic Search*, PhD thesis, Aalto University, Finland (2010)
- [Merrill 10] Merrill, G. H.: Ontological realism: Methodology or misdirection?, *Applied Ontology*, Vol. 5, No. 2, pp. 79–108 (2010)
- [溝口 05] 溝口 理一郎: オントロジー工学, オーム社 (2005)
- [Mizoguchi 07] Mizoguchi, R., Sunagawa, E., Kozaki, K., and Kitamura, Y.: A Model of Roles within an Ontology Development Tool: Hozo, *Applied Ontology*, Vol. 2, No. 2, pp. 159–179 (2007)
- [Mizoguchi 09] Mizoguchi, R., Kou, H., Zhou, J., Kozaki, K., Imai, T., and Ohe, K.: An Advanced Clinical Ontology, in *Proc. of International Conference on Biomedical Ontology (ICBO)*, pp. 119–122 (2009)
- [Mizoguchi 11] Mizoguchi, R., Kozaki, K., Kou, H., Yamagata, Y., Imai, T., Waki, K., and Ohe, K.: River Flow Model of Diseases, in *Proc. of 2nd International Conference on Biomedical Ontology (ICBO2011)*, pp. 63–70 (2011)
- [太田 11] 太田 衛, 古崎 晃司, 溝口 理一郎: 実践的なオントロジー開発に向けたオントロジー構築・利用環境「法造」の拡張-理論編-, *人工知能学会誌*, Vol. 26, No. 2, pp. 387–402 (2011)
- [Rodriguez-Castro 10] Rodriguez-Castro, B., Glaser, H., and Carr, L.: How to Reuse a Faceted Classification and Put it on the Semantic Web, in *Proc. of 9th International Semantic Web Conference (ISWC2010)*, Vol. 6497 of *LNCS*, pp. 663–678 (2010)
- [Smith 07] Smith, B. and et al.: The OBO Foundry: Coordinated Evolution of Ontologies to Support Biomedical Data Integration, *Nature Biotechnology*, Vol. 25, pp. 1251–1255 (2007)
- [Suominen 07] Suominen, O., Viljanen, K., and Hyvönen, E.: User-centric Faceted Search for Semantic Portals, in *Proc. of 4th European Semantic Web Conference (ESWC2007)*, Vol. 4519 of *LNCS*, pp. 356–370 (2007)
- [Tudorache 10] Tudorache, T., Falconer, S. M., Nyulas, C., Noy, N. F., and Musen, M. A.: Will Semantic Web Technologies Work for the Development of ICD-11?, in *Proc. of 9th International Semantic Web Conference (ISWC2010)*, Vol. 6497 of *LNCS*, pp. 257–272 (2010)

〔担当委員: 市瀬 龍太郎〕

2011 年 12 月 3 日 受理

著者紹介



古崎 晃司 (正会員)

1997 年大阪大学工学部電子工学科卒業。2002 年同大学院工学研究科博士後期課程修了。同年, 化学工学会嘱託研究員, 同年 12 月大阪大学産業科学研究所助手, 2008 年同准教授, 現在に至る。博士 (工学)。オントロジー工学の基礎理論, オントロジー構築・利用環境の設計・開発, セマンティック Web, 医療, 環境分野などのオントロジー開発・応用に関する研究に従事。情報処理学会, 電子情報通信学会, International Association for Ontology and its Applications,

各会員。



日原 圭佑 (学生会員)

2010 年大阪大学工学部電子情報工学科卒業。2012 年大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻博士前期課程修了。同年大日本印刷株式会社入社。オントロジー構築・利用環境の設計・開発に関する研究に従事。



溝口 理一郎 (正会員)

1972 年大阪大学基礎工学部電気工学科卒業。1977 年同大学院基礎工学研究科博士課程修了。同年, 大阪電気通信大学工学部講師, 1978 年大阪大学産業科学研究所助手, 1987 年同研究所助教授, 1990 年同教授。現在に至る。工学博士。パターン認識関数の学習, クラスタ解析, 音声の認識・理解, エキスパートシステム, 知的学習支援システム, オントロジー工学の研究に従事。1985 年 Pattern Recognition Society 論文賞, 1988 年電子情報通信学会論文賞, 1996 年人工知能学会創立 10 周年記念論文賞, 1999 年 ICCE99 Best paper Award, 2005 年大川出版賞 (オントロジー工学), 2006 年人工知能学会論文賞, ICCE2006 Best paper Award 受賞。人工知能学会理事, 同編集委員長, 同会長, 教育システム情報学会理事, 同編集委員長, Intl. AI in Education (IAIED) Soc. President, APC of AACE President, Semantic Web Science Assoc. Vice-President を歴任。現在, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 日本認知科学会, IEEE 各会員。