

「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

Development of an Environment for Building Ontologies Based on a Fundamental Consideration of "Role" and "Relationship"

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/>

來村 徳信

Yoshinobu Kitamura

(同 上)

kita@ei.sanken.osaka-u.ac.jp, <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/~kita/>

池田 満

Mitsuru Ikeda

(同 上)

ikeda@ei.sanken.osaka-u.ac.jp, <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/members/ikeda/overview.html>

溝口 理一郎

Riichiro Mizoguchi

(同 上)

miz@ei.sanken.osaka-u.ac.jp, <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/members/miz/>

keywords: ontology, building ontologies, role, relationship

Summary

Recently, an ontology is expected to contribute to knowledge sharing and reuse. It is, however, difficult to develop well-organized ontologies because the principles of ontology design are not clear enough. Therefore, a methodology for ontology design and a computer system supporting ontology design are needed. Our research goals include a methodology of ontology design, and development of an environment for building and using ontologies. Building an ontology requires a clear understanding of what can be concepts with what relations to others. An ontology thus focuses on "concepts" themselves rather than "representation" of them. Although several systems for building ontologies have been developed to date, they were not based on enough consideration of an ontological theory. We argue that a fundamental consideration of these ontological theories is needed to develop an environment for developing ontologies. Most of the previous ontologies, which are represented in frame-based languages, don't clearly deal with such concepts that need deep ontological investigation. Therefore we begin with a fundamental consideration of an ontological theory. We discuss mainly "role concept" and "relationship", and consider how these ontologically important concepts should be treated in our environment. On the basis of the consideration we have designed and have developed an environment for building and using ontologies, named "Hozo". This paper presents an outline of the functionality of Hozo. We focus on how it treats the relations and roles on the basis of fundamental consideration.

1. ま え が き

近年における情報社会の発達には、知識システムの巨大化・複雑化を生み出した。それに伴い情報を単なるデータや記号として処理する技術にとどまらず、その情報が表す内容を知識として扱う必要性が高まりつつある [高岡 95]。このような背景のもと、知識ベースを構築する際の背景となるバックボーン情報を提供し、知識の共有・再利用に貢献するオントロジーに関する研究が盛んになされている [溝口 99a]。しかしオントロジーの基礎理論や構築方法論は未だ十分には確立されておらず、構築・利用を支援するシステムの開発や構築方法論の整備などが渴望されている。これらの要求に応えるオントロジー構築・利用環境の開発が本研究の目的である。

従来の知識処理に関する研究の多くが対象とする知識を「どのように表現するか」という表現形式を重視しているのに対し、オントロジー研究では対象としている世界に「何が存在するか」という知識の内容そのものの理解に重点を置く。よってオントロジー構築の際には、オントロジーに現れる基本的な概念を同定する為の基礎理論が不可欠となる [溝口 99b]。例えば自転車の部品である「車輪」は、注目するコンテキストによって「前輪」や「操舵輪」といった別の概念として捉えられる。この「車輪」と「前輪」、「操舵輪」の違いは「ロール」に関する理論で明確な区別がなされる。同様な例として、「住所」という概念がコンテキストに応じて「配達先」や「発注先」など様々な「ロール」を担う例や、ある「男性」が

家庭では「父親」、夫婦間の関係においては「夫」、職場では「社員」といった別の「ルール」を果たすといった例などがある。このように、知識システムの対象世界に現れる多くの概念は「ルール概念」で構成されている。しかし、このような概念の峻別をサポートしたオントロジー構築環境は未だ開発がなされていない。

そこで我々は、オントロジー構築に用いられる基本的な概念についての考察を行い、得られた知見に基づいてオントロジー構築・利用環境「法造」の設計・開発を進めてきた [古崎 99a, 古崎 99b]。本論文ではこれらの成果を、オントロジー構築で重要な意味を持つ「ルール」と「関係」に関する考察内容と、それらに基づいて設計・開発がなされた「法造」の中のオントロジー記述環境を中心に報告する。

以下、2章では本研究で開発したオントロジー記述環境の概要を述べる。続く3章では、本システムの特徴である「ルール概念」に関する考察内容とシステムにおける実装を述べ、4章では「ルール概念」を導入することの意義を述べる。次いで5章では、本システムのもう一つの特徴である「関係」に関する基礎的な考察と実装について述べ、6章では関連研究との比較を述べる。最後にシステムの開発・利用状況と今後の検討課題を述べて総括する。

2. オントロジー記述環境の概要

2.1 オントロジー

オントロジーとは本来、哲学用語で「存在に関する体系的な理論」のことをさすが、知識処理の分野では知識システムを構築する際に用いられる基本概念の体系的記述をいう。オントロジーにはシステム設計者の視点や利用目的、用いられる語彙の意味などの知識ベースを構築する際の背景情報が明示されている。知識システムが扱う対象世界を表すモデルは、オントロジーが提供する規約の下、概念や関係のインスタンスとして記述される。また対象世界において様々な一般性を持って成立する問題解決に用いるルールや制約を、オントロジーが与える概念や関係の定義に基づいて記述したものを、本論文では知識と呼ぶ。よってオントロジーに基づき記述されたモデルや知識は一貫性を持ち、オントロジーを参照することで他人が記述した知識の理解が容易になる。このことから、従来システムに暗黙的に埋め込まれていた背景情報をオントロジーとして抽出し、それを明示的に記述し、それに関するある程度の合意を得ることで、知識の共有・再利用に大きく貢献する。

2.2 オントロジー構築・利用環境「法造」

筆者らはオントロジーの基礎理論と構築方法論に関する考察に基づき、オントロジー構築・利用環境「法造」の開発を進めてきた [古崎 99a, 古崎 99b]。「法造」とはオ

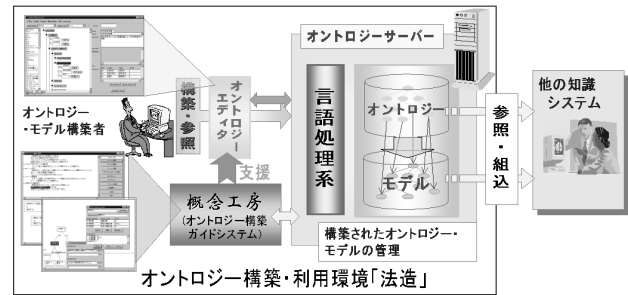


図1 法造の全体像

ントロジー (= “法”) を構築する (= “造”) 計算機環境で、「オントロジーエディタ」、「概念工房」(オントロジー構築ガイドシステム)、「オントロジーサーバー」から構成される(図1)。

オントロジーエディタはオントロジーの基礎理論に関する考察に基づいて設計がなされた記述環境を提供し(図2)、オントロジーをグラフィカルに表示・編集する機能を持つ。概念間の関係はノード・リンクを用いたグラフ状に表現され、ユーザーはマウス操作で容易にオントロジーの表示・編集を行うことができる。また、概念や関係の意味定義は専用の画面で表示・編集がなされ、概念間の関係や意味定義の継承などはシステムが動的に管理する。この際、形式的な整合性の確認やオントロジーに基づくモデルの記述機能はオントロジーサーバーとネットワークを介した通信を行いながら実行される。

概念工房はオントロジー構築方法AFM(Activity-First Method)に基づき、自然言語で書かれたドキュメントからオントロジーで記述される概念の抽出や組織化を支援するシステム [久保 98, 久保 99] で、ガイドラインに従いオントロジーの全体像を構築することができる。AFMはタスクアクティビティと呼ばれる問題解決の処理を表す概念を最初に整理し、それを基にドメイン概念を抽出・整理する構築方法で [Mizoguchi 95, Takaoka 96]、概念工房ではその過程を複数のステップに分けて支援する環境を提供している。AFMおよび概念工房の詳細に関しては別稿で報告する [石川 02]。

これらのシステムで構築されたオントロジーやモデルはオントロジーサーバーで管理される。オントロジーサーバーはオントロジーやモデルを管理するために必要な様々な機能を持ち、概念の定義、編集、参照、整合性の検証などのオントロジーやモデルを操作する為の機能が、操作関数として整理されている。オントロジーエディタをはじめとする他のシステムとはネットワークを介して接続されており、これらの操作関数を用いて、オントロジーサーバーが提供する機能を利用することが出来る。構築されたオントロジーやモデルは、ユーザー毎に管理され、必要に応じて外部システムからの参照や、LISP, XMLなど汎用形式での出力がなされる。

本論文では「法造」の記述環境であるオントロジーエ

ディタについての詳細を述べる．

2.3 「法造」が扱うオントロジー

オントロジーは対象世界を説明するのに必要な概念と、それらの概念間の関係から構成される．最も基本的な関係は一般-特殊 (is-a) 関係で、概念のラベルと is-a 関係による階層の記述がオントロジーとして最もプリミティブなものである．本研究で構築を目指すオントロジーでは、それらに意味定義 (制約) や関係の記述 (公理的記述) を加える．そうすることにより、オントロジーはモデル構築の際に適切なガイドや示唆を与えることができる．

概念の意味定義は、

- 概念名を表すラベル
- 上位概念
- 自然言語による定義 (コメント)
- 部分概念 part-of 関係で表される部分概念
- 属性 attribute-of 関係で表される属性
- 公理

から成る．概念のラベルや自然言語によるコメントは計算機にとっては意味を持たないが、人間が概念を識別する際に重要な意味を持つ．部分概念はその概念を構成している部分にあたる概念で、part-of 関係を用いて表現される．属性は概念がもつ性質を表し、attribute-of 関係を用いて表現する．概念を特徴づける属性には、文字列や数値で表される属性値にのみならず、関数としての属性など様々な種類のものが考えられるが、法造ではこれらの属性を区別せずに一括して扱っている．今後、必要に応じて属性の種類を詳細化していく．公理は概念が満たすべき性質を宣言的に表したもので、部分概念や属性に関する制約や関係などが記述される．部分概念や属性で表しきれない概念の詳細な意味定義は、公理を用いて記述する．

2.4 オントロジーエディタ

我々が開発したオントロジー記述環境であるオントロジーエディタは、「ルール」と「関係」に関する基礎的な考察をシステムに反映させたことを特徴としている．それぞれの考察内容とシステムへの実装については 3 章および 5 章で述べるが、本節ではオントロジーエディタの基本的な機能について概説する．

オントロジーエディタは、

- is-a 階層ブラウザ is-a 階層を表示・編集
- Edit Panel is-a 階層ブラウザで選択された概念の定義内容を表示・編集
- Tool Bar 編集のためのボタン類
- Menu Bar 各種メニュー類

の 4 つの部分から構成される (図 2)．以下の節ではオントロジーエディタの各画面におけるオントロジーの扱いを述べる．

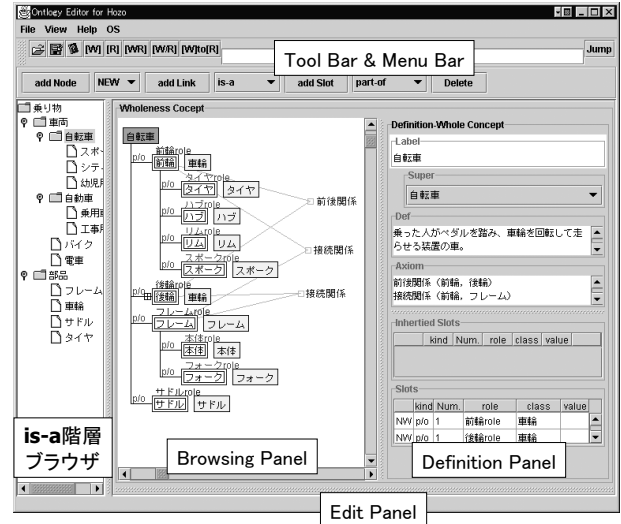


図 2 オントロジーエディタの画面例

§ 1 is-a 階層ブラウザ

is-a 階層ブラウザ (図 2) には is-a 階層が Tree 状に表示され、各概念が is-a 階層においてどの位置で定義されているかを明示する．マウスで選択がなされた概念の意味定義は Edit Panel で表示・編集が可能となる．is-a 階層の編集は、Tree 状に表示される is-a 階層に対してマウス操作で行い、

- ダブルクリックによる下位ノードの開閉
- ドラッグ&ドロップによる階層の変更
- 編集メニューを用いたその他の編集操作

などがなされる．

これらの編集操作の結果はシステムが管理し、is-a 階層の変更による定義内容の継承などの影響は動的に他の概念へ反映される．複数の概念から定義内容を継承した概念の多くは、3.2 節で論じるロール概念を用いることで定義することが出来ると考えているので、本システムでは is-a 関係による多重継承は認めていない．

§ 2 Edit Panel

Edit Panel は、is-a 階層ブラウザで選択された概念の意味定義を表示・編集する．Edit Panel は図 2 に示すように、その概念に含まれる部分概念や属性をグラフィカルに表示する Browsing Panel と、意味定義の詳細を表示・編集する Definition Panel から構成される．

Browsing Panel は概念や属性を表すノードと概念間の関係を表すリンクを用いて、概念の意味定義を表示する．表示方法には part-of 階層を Tree 状に表示する Tree View と、ノードをネットワーク上に自由に配置できる Network View があり、ユーザーはマウス操作と Tool Bar や Menu Bar にあるメニュー類を用いて part-of 階層や属性などの編集を行う．

一方、Definition Panel では Browsing Panel で選択された概念の意味定義の詳細が表示・編集される．Definition Panel に表示される概念定義の内容は、

a) Browsing Panel で選択中の概念 (クラス) で新たに定義した内容

b) 上位概念から継承した定義内容
の2種類に分かれ, “super” のリストを選択することで上記の a), b) の内容を切り替えて表示する. “super” のリストには, そのクラスの上位概念が全てが一覧できるように表示され, 選択したクラスから継承されている内容が Definition Panel に表示される. さらに表示中の定義内容については,

- (1) その概念で新しく追加した定義
- (2) 上位概念から継承した定義内容を上書きして定義した内容
- (3) 下位概念で定義内容の上書きがなされている内容に分かれる. これらは表示するフォントや色を変えることで区別される. 定義の上書きをする際には, 上書きしたい定義内容をマウスで選択し, 編集メニューを実行することで行う. その際, 選択していた定義内容は (3) 上書きされている内容に変わり, 定義を編集 (Browsing Panel で選択中) の概念に, (2) 上書きして定義した内容が追加される.

§3 モデルの構築

本システムでモデルの構築を行う際には, 2つのウィンドウが表示される. 1つはクラスを定義しているオントロジーを参照する為の「オントロジーエディタ」, もう1つはインスタンスを作成するための「モデル (インスタンス) エディタ」となる. この際システムはクラスを定義しているオントロジーの定義内容を確認し, インスタンスが作成可能なクラス名のリストを作成・表示する. ユーザーがリストからクラス名を選択すると, クラスエディタに選択したクラスの定義が表示され, 「インスタンス作成」のボタンを押すことでそのクラスのインスタンスが作成される. この際インスタンスの定義は, オントロジーの定義内容に基づいて記述される.

3. part-of 関係に伴うルール概念

これ以降, 2章で概要を述べたオントロジーエディタの2つの特徴である「ルール概念」と「関係概念」に関する理論的考察を行うと共に, そのシステムでの実装について述べる. 本章では「ルール概念」に関して, part-of 関係に伴い現れるルール概念を中心に考察し, ルール概念の理論を導入する意義は次章で述べる.

3.1 part-of 関係

part-of 関係は, ある概念とその概念を構成している部分にあたる概念との間の全体-部分関係を表す*1. このとき部分にあたる概念を「部分概念」と呼ぶ. オントロジー

*1 [溝口 99b] では7種類の part-of 関係の差別化を論じているが現行のシステムでは扱わない. 今後のバージョンで導入する予定としている.

における概念定義 (クラス) 間の part-of 関係は, モデル構築時に “それらのクラスのインスタンス間に, 全体-部分関係が存在する (可能性がある) こと” を規定している. 例えば自転車とその部品である車輪の関係は「車輪 part-of 自転車」と表される. これは “「自転車」と「車輪」のインスタンス間に全体-部分関係が存在する” すなわち “「自転車」のインスタンスは「車輪」のインスタンスを部分として持つ” ことを表す.

part-of 関係について理解を深めるために, 「自転車」と「車輪」の例についてより詳細に検討を進める. 先ほどの例では, 自転車とその部品である車輪の関係を「車輪 part-of 自転車」と表した. 一方, 自転車の車輪には「前輪」や「後輪」といったものが存在するので, 「前輪 part-of 自転車」と表すこともできる.

ここで “「前輪」と「車輪」には概念的にどのような違いがあるのか?” という疑問が生じる.

「前輪」は特定の「車輪」に対する単なる呼び名 (ラベル) であると考えられるかもしれないが, 「前輪」は「車輪」に比べて “前方に取り付けられフォークと接続されている” といった概念的情報 (定義) が付加されているので, 「前輪」は単なる「車輪」のラベルではなく「車輪」をより詳細化した概念と考えられる. また「前輪」の “進行方向を決定する機能を果たす” という機能の側面に注目すると, 同じ「車輪」を「操舵輪」という別の概念として捉えることができる.

このように, 注目するコンテキストに応じて同じ部品が別の概念として捉えられる例は多く存在する. 例えば石油精製プラントにおいて同じ「コントロールバルブ」が, 注目する属性に応じて「流量コントロールバルブ」, 「液レベルコントロールバルブ」という異なった呼ばれ方をする例がある [古崎 02]. このようなコンテキストに依存して定義される概念は「ルール概念」と呼ばれる [Barwise 83, 溝口 99b]. 次節では, part-of 関係に伴って現れるルール概念について述べる.

3.2 基本概念・ルール概念・ルールホルダー

「ルール概念」とは, 「妻としての役割 (妻 role)」や「看護婦としての役割 (看護婦 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. それに対し「人間」, 「男性」など他の概念に依存せずに定義される概念を「基本概念」という. さらに「妻」や「看護婦」など, 基本概念が「ルール概念」で定義された役割を担った状態を概念化したものを「ルールホルダー」と呼ぶ. ルール概念には, 概念間の関係やコンテキストに依存するもの, タスクやドメインに依存するもの, 人工物におけるルール概念などが存在することが知られているが, 本論文では特に part-of 関係に伴い全体にあたる概念に依存して定まるルール概念について考察する.

部分概念を part-of 関係に伴うルール概念を基に整理

ロール概念 (教師 role)	基本概念 (人間)	ロールホルダー (教師)
[R1] 名前	[B1] 名前	[R1] 名前
[R2-1] 年齢 (>22)	[B1] 年齢	[R2-1] 年齢 (>22)
	[B2] 身長	[B2] 身長
	[B2] 体重	[B2] 体重
[R2-2] 担当教科		[R2-2] 担当教科
[R2-2] 勤続年数		[R2-2] 勤続年数
[R2-2] 教職免許を持つ		[R2-2] 教職免許を持つ

図 3 部分概念の定義例

すると、部分概念は下記の3つの概念的要素からなる。
 ロール概念 全体から見た部分概念の役割を表す概念
 クラス制約 ロール概念で定義された役割(ロール)を担うものが属すべきクラスに関する制約。例えば、夫 role に対する「男性」など。

ロールホルダー ロール概念で定義された役割を担った状態の基本概念を表す概念

「クラス制約」はロールを担うことができるもののクラスを制約しており、別の箇所ですでに定義された基本概念を参照している。その「クラス制約」を満たすものが役割を担った時「ロールホルダー」となる。例えば「自転車」の部品である「車輪」が「自転車」において「前輪としての役割」(前輪 role)や「操舵する役割」(操舵 role)といったロール概念で定義された役割を果たしている。これらの役割を担った「車輪」がロールホルダー「前輪」、「操舵輪」となる。

ロール概念の定義は、クラス制約で参照している基本概念の定義内容のうち、その役割を果たすのに必要なものを参照している。よってこの基本概念の定義内容は、
 B1 ロール概念から参照される定義内容
 B2 ロール概念から参照されない定義内容
 に分かれ、一方、ロール概念の定義内容は
 R1 基本概念の定義を参照している内容
 R2 ロール概念で追加される定義

R2-1 基本概念から参照した定義内容に制約を追加したもの

R2-2 基本概念にはない新たな意味定義を追加したもの

に分かれる。

B1 と R1 の定義内容は完全に一致しており、R2-1 は R1 (B1) の定義内容の一部を上書きしている。またロールホルダーの定義内容は、ロール概念と基本概念の定義内容を合わせたものとなるので、上記の R1 (B1)、R2、B2 の和に相当する。

例えば「学校組織」において、組織の一員として教師という役割「(学校組織における)教師 role」(ロール概念)^{*2}を担った「人間」(基本概念)として定義された「(学

*2 「教師 role」については、機能 role、学習者との関係から決まる role、職業 role など様々な定義のされ方が考えられるが、ここでは「学校組織」という全体に当たる概念に依存して定ま

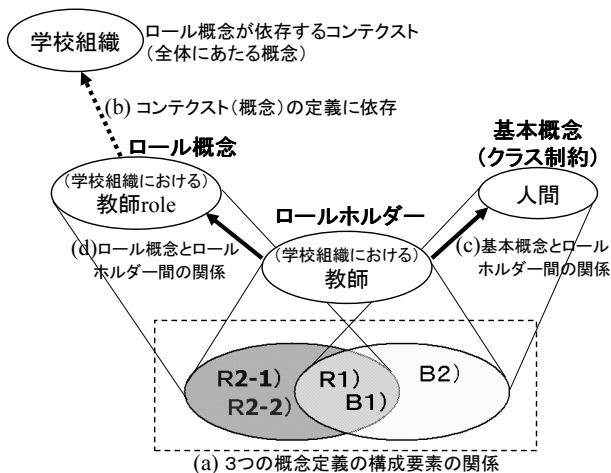


図 4 定義の構成要素間の関係

校組織における)教師」(ロールホルダー)^{*3}について考える(図3)。例では基本概念「人間」で定義されている内容のうち、「教師としての役割」を果たす際に必要となる「名前」、「年齢」が「教師 role」から参照されている。ロール概念が参照した定義内容は、ロール概念の定義内で利用される。例えば「人間」で定義されている「年齢」は「教師 role」で「給与」を計算する際の定義に利用される。また「年齢」に関しては「22歳以上」のように、ロール概念の定義内で制約が追加されている。これは「教師 role」を担う概念が満たすべき制約を表している。

さらに「教師 role」では“教師としての役割”を果たすために必要な「担当教科」、「勤続年数」、「教職免許を持つ」といった意味定義が追加されている。上記の例では簡単のため属性のみを定義しているが、部分概念や公理など他の定義内容に関しても同様のことがなされる。

これらの3つの概念の定義の構成要素の関係を、各概念定義の構成要素を点とした集合で表すと図4(a)のようになる[林 98]。この図で定義の構成要素の包含関係を見ると、基本概念「人間」の定義内容がロールホルダー「教師」に継承されていることが分かる。これは形式的には is-a 関係における継承と同じに見えるが、概念的な性質が異なる。これについては4章で詳しく述べる。

3.3 part-of 階層

部分概念はそれ自身が別の概念を部分概念としてもつ。例えば「自転車」、「車輪」が図5のように定義されていたとすると、「自転車」の部分概念「前輪」はクラス制約で参照している「車輪」から部分概念「スポーク」、「タイヤ」、「タイヤチューブ」、「リム」を継承し、図5のような part-of 階層が形成される。

ここで注意すべきは、3.2 節の考察により、

る(図4(b))ロール概念と見なす。

*3 以下、単に“教師 role”および“教師”と記述する。

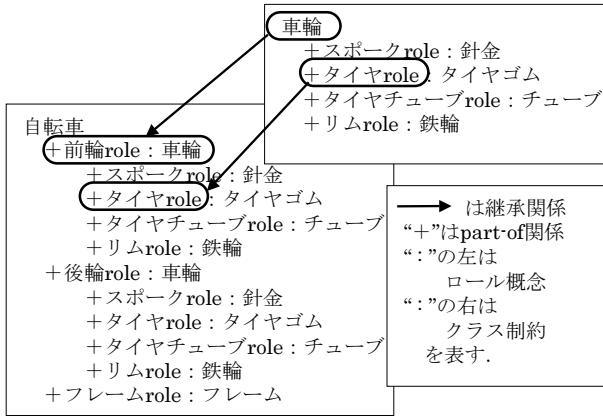


図 5 part-of 階層の例

- 「自転車の前輪」の定義は「車輪」の定義内容を継承している

ことと、

- 「車輪のタイヤ role」と「自転車の前輪のタイヤ role」が概念的に異なり「自転車の前輪のタイヤ role」が「車輪のタイヤ role」の定義内容を継承している

という関係になることである。この為「前輪」の部分概念である「タイヤ」の意味定義の変更をサポートするためには、下記の3つの場合について対処する必要がある。

- クラス制約が参照している基本概念「タイヤゴム」を変更
変更の影響は「タイヤゴム」の定義を参照している全ての箇所（例では「車輪」、「前輪」、「後輪」）に影響する。
- 「自転車の前輪のタイヤ role」の上位にあたるロール概念「車輪のタイヤ role」を変更
「車輪」の定義を継承している箇所に影響する。上記の例では「自転車」の「前輪」と「後輪」の両方の定義に変更が伝播される。
- ロール概念「自転車の前輪のタイヤ role」を変更
「自転車の前輪」の定義のみが変更され「車輪」や「タイヤゴム」の定義には変更が影響しない。

3.4 部分概念の数

ある概念は同じ部分概念を複数持つことがあり、下記の3つ場合が考えられる。

- 部分概念の数が不特定多数 例) 木の葉
- 部分概念の数が特定多数 例) 車輪
- 部分概念の順番を問題にする 例) 入賞者

(1) の場合は複数の部分概念を同じものが多数集まっていると見なし、部分概念の数や個々の違いを問題としない。一方、(2) では「店」における「客」のように部分概念の数が決まっていなくても、1つ1つは同じ種類の別の概念として扱われる。オントロジーエディタでは、(1) の不特定多数を“*”、(2) の特定多数を“n”、(3) の順番

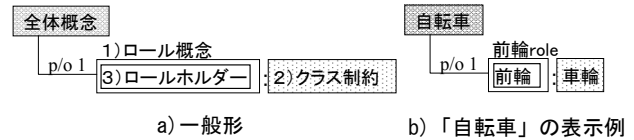


図 6 part-of の表示例

を問題にする場合を“@n”で表記する（n は自然数、または「客」のように数が決まっていないことを表す際には“N”が入る。）これらの部分概念の数は、下位概念に意味定義が継承されるときや、モデルを構築する際の制約として利用される。

3.5 記述環境における part-of 関係の扱い

本節ではこれまでの考察を基に、part-of 関係およびそれに伴う諸概念のオントロジーエディタにおける扱いについて述べる。

図 6 に Browsing Panel における part-of 関係とそれに伴うロール概念の表示例を示す。部分概念を表すノードは3つの部分から成り、それぞれが 3.2 節で述べた 1) ロール概念、2) クラス制約、3) ロールホルダーを表している。ロール概念は白いノードで表され、上部にはロール名が表示される。その右側のノードはクラス制約を表し、全体概念（基本概念）を表すノードとの網掛けの違いで他の箇所ではなされている概念定義を参照していることを示している。ロールホルダーはロール概念を表すノードの内部に入ったノードで表されている。例では、クラス制約で参照している「車輪」がロール概念「前輪 role」を担ったロールホルダーが「前輪」であることを示している。ロール概念ノードをつなぐ part-of/attribute-of リンクには、リンクの種類を表すラベル（part-of なら“p/o”、attribute-of なら“a/o”）と、部分（属性）の数に関する制約を示す数字や記号が記される。

ノードをマウスで選択すると、意味定義の詳細が Definition Panel に表示され編集が可能となる。Definition Panel は、基本概念用と部分概念用の2種類があり、選択した概念の種類によって自動的に切り替わる。基本概念用については 2.3 節で述べた意味定義が表示される。一方、部分概念用の Definition Panel では、画面の上部にロール概念名（role-concept）、クラス制約（class-constraint）、ロールホルダー名（role-holder）が表示され、画面の下部は part-of 関係に伴う諸概念の定義を表示・編集する為に、以下の3つの View をタブで切り替える（図 7）。

Part View ロール概念の定義内容を表示・編集する。

ここで可能な編集操作は「新たな定義の追加」と「基本概念から参照している定義への制約の追加」の2つである。

Basic View クラス制約で参照している基本概念の定義内容を表示する。この View では定義内容を編集することはできず、「ロール概念から参照する/しな



図 7 Definition Panel (部分概念用)

い」の設定のみ変更できる。

Full View ロールホルダーの定義内容を表示する。この View は、定義内容を表示するのみで編集はできない。

上記から分かるように、部分概念の定義内容の編集は、Basic View でロール概念が参照する概念の定義内容を設定し、Part View でロール概念の定義を編集するという手順で行われる。

なおこれらの View は Browsing Panel におけるロール概念ノードで、1) ロール概念、2) クラス制約、3) ロールホルダーを表すノードに対応しており、それぞれのノードをクリックした際にも切り替わる。

また 3.3 節で述べたように、part-of 階層において部分概念の定義を変更する際には、

- (1) クラス制約が参照している基本概念の定義を変更する
- (2) 選択中のロール概念の上位にあたるロール概念の定義を変更する
- (3) 選択中のロール概念の定義を変更する

の 3 種類の場合がある。

Browsing Panel でロール概念ノードを選択した場合に Definition Panel に表示されるのは、上記 (3) の意味定義であるが、メニューを選択することで (1), (2) の概念定義にジャンプすることができる。この際、行き先に応じて is-a 階層ブラウザおよび Browsing Panel における編集する概念の選択状態が切り替わり、そこで定義内容を編集した際の影響の伝播はシステムが自動的に管理する。

4. ロール概念導入の意義

3 章では基本概念の他に、ロール概念とロールホルダーという 2 種類の概念を導入した。我々がこのような概念を導入したのは、これらの概念の性質が基本概念と異なり、その違いを明らかにして 3 つの概念を峻別することが、オントロジーを構築する上で重要と考えるからである。

本章では、基本概念とロール概念およびロールホルダーの概念的な性質の違いを明らかにすると共に、ロール概念を導入することで解決できる問題を挙げ、これら 3 種類の概念を峻別する意義を述べる。

4.1 ロール概念の性質

ここではロール概念やロールホルダーの特徴の 1 つとして、インスタンスが具体化される際の性質を述べる。なお簡単の為に、ここでは identity の認定などインスタンスに関する厳密な議論 [溝口 99b] は行わない。

性質 1 ロール概念のインスタンスの 2 種類の状態

ロール概念のインスタンスに相当するものは、その概念的な性質から次の 2 つの状態が存在する。

- (1) ロール概念で定義された役割のみが具体化され、その役割を担うインスタンスがまだ存在しない状態 (R_i')
- (2) 具体化された役割が、特定のインスタンスによって担われた状態 (R_i)

性質 2 ロール概念のインスタンスのコンテキスト依存性

基本概念が他の概念に依存せずに定義されるのに対し、ロール概念は特定のコンテキストや他の概念に依存して定義される。part-of 関係に伴うロール概念の場合は、部分概念を構成している全体にあたる概念がロール概念の依存しているコンテキストとなる。よってロール概念のインスタンス R_i' は、そのロール概念が依存している全体にあたる概念のインスタンス (W_i) の存在を前提として具体化され、 W_i が消滅するとそれに伴って R_i' も消滅する。3.2 節の例では、ロール概念「(学校組織における) 教師 role」は「学校組織」というコンテキスト (全体にあたる概念) に依存して定義されている (図 4(b))。この「教師 role」の R_i' («教師 role (R_i')») は「学校組織」のインスタンス「学校組織 (W_i)」の存在を前提として定義される。よって「学校組織 (W_i)」が廃校になるなどして消滅すると、それに伴い「教師 role (R_i')」も消滅する。なお「学校組織 (W_i)」が存続していても、「学校組織 (W_i)」の定義が変更され、例えば教師の人員が削減されるなどして、「教師 role (R_i')」のみが消滅する場合もある。

性質 3 ロール概念のインスタンスの基本概念への依存性

R_i' はそのままでは完全なインスタンスとしては振舞うことができない。例えば「教師 role (R_i')」は「担当教科」「給与」など「教師 role」で定義され

た属性は持つが、この役割を担う「人間」のインスタンスが決定するまでは、全ての属性値を決定することは出来ない。特定の基本概念のインスタンス (Bi) によって Ri' の役割が担われると、Ri' はルール概念の完全なインスタンス (Ri) となる。この時、基本概念のインスタンス (Bi) が役割 (Ri') を担った状態がロールホルダーのインスタンスに相当するもの (RHi) となる。逆に、Bi がその役割を担うことを止めると、Ri は Ri' に戻る。例えば、「人間」のインスタンス「山田氏」が「教師 role (Ri')」の役割を担うと、「教師 role (Ri)」はルール概念のインスタンス「教師 role (Ri)」となり、「山田氏」は「教師 (RHi)」となる。この「山田氏」が退職するなどして「教師 (RHi)」をやめると、「教師 role (Ri)」は空きポスト「教師 role (Ri')」に戻る。

性質4 ロールホルダーの具体化・消滅の性質

先に述べたようにロールホルダーのインスタンス (RHi) は基本概念のインスタンス (Bi) と、Bi が Ri' の役割を担うことで生じたルール概念のインスタンス (Ri) を合わせたものである。よってロールホルダーを具体化するには Bi と Ri' の存在が前提となり、単独で具体化することはできない。

このような RHi と Bi と Ri の関係から、RHi が消滅するには以下の3通りの場合がある。

- (1) Bi が消滅する：このとき、RHi も無くなり、Ri は Ri' に戻る。例えば、山田氏が死んで「人間」のインスタンス (Bi) で無くなると「教師 (RHi)」も無くなり、「教師 role (Ri)」は空きポスト「教師 role (Ri')」となる。
- (2) Ri' が消滅する：このとき、RHi も無くなるが Bi はそのまま存続する。例えば、学校が廃校になるか教師の枠が削減され「教師 role (Ri')」が無くなると「教師 (RHi)」も無くなるが「人間」のインスタンス (Bi) としての山田氏はそのまま存続する。
- (3) Bi が Ri' の役割を担うことを止める：このとき、Ri は Ri' に戻るので RHi も無くなるが、Bi はそのまま存続する。例えば、山田氏が退職し「教師 role (Ri')」の役割を担うことをやめると「教師 (RHi)」も無くなり「教師 role (Ri)」は空きポスト「教師 role (Ri')」に戻るが「人間」のインスタンス (Bi) としての山田氏は存続する。

4.2 基本概念・ルール概念とロールホルダーの関係

3.2 節で述べたように、ロールホルダーと基本概念間の関係 (図 4(c)) および、ロールホルダーとルール概念間の関係 (図 4(d)) は、一見、is-a 関係による多重継承に見える。しかし前節で述べた概念的な性質の違いから、それらの間の関係を単なる is-a 関係で組織化することは

適切ではない。本節ではその理由についてより詳しく述べる。

まずロールホルダーと基本概念の関係 (図 4(c)) を、「ロールホルダー is-a 基本概念」と組織化した場合の問題点について述べる。例えばロールホルダー「教師」が山田氏 instance-of 教師 ; 教師 is-a 人間のように表現された場合を考える。

この場合、山田氏が教師を辞めたとすると、それは“教師インスタンスの消滅”に対応する*4。しかし、この組織化では、教師インスタンスは人間インスタンスでもあるため、退職によって“教師インスタンスが消滅”すると、“人間インスタンスも消滅”(すなわち人間の死亡を意味)することになる。このことから上記のモデル化は、現実世界を正しくモデル化していないことが分かる。

続いて、ロールホルダーとルール概念間の関係 (図 4(d)) を「ロールホルダー is-a ルール概念」とした場合における問題を述べる。例えば、is-a 関係の常識的な理解から「商品にはリンゴやミカン、車、本など多くのものがある*5」のように考えて、

あるリンゴ instance-of 商品としてのリンゴ ; 商品としてのリンゴ is-a 商品 (商品 role)

のように商品を is-a 関係の上位に置く場合がある。

この場合に「(商品としての)リンゴ」のインスタンス(であるリンゴ)は「商品 role」のインスタンスでもある。「商品としてのリンゴ」インスタンスは傷が入ったり、汚れたりすると商品としての価値が失われ商品ではなくなるが、そのことは1つの商品 role のインスタンスの消滅を意味する。しかし、それはリンゴであることには変わりはなく、リンゴのインスタンスとしては存続すべきである。従って1つのインスタンスについて破棄と存続という矛盾する要求が生じるという不都合が生じる。

上記の2つの問題は、is-a 関係にある2つの概念 A、B があり (A is-a B)、x が A のインスタンスであれば (x instance-of A) それは B のインスタンスでもあること (x instance-of B) から当然と言える結果である。ここで is-a と instance-of 関係というのはものの存在を規定する重い関係であるのに対し、ロールにはインスタンスの存在を支持するだけの「強さ」がない為に、上述のような問題が生じる。よって、ロールに関わる概念関係に is-a や instance-of は使うべきでないことが分かる。このような is-a 関係の誤用の問題を、Guarino は is-a overloading と指摘して4種類に分類しており [Guarino 98]、上記で述べたロール概念に関わる問題については“suspect type-to-role link”と呼んでいる。

なお、これらの問題は、従来の枠組みに外付けの一貫性維持手続きを工夫すれば、回避することは可能である

*4 ここでは“元教師”といった属性などを用いる組織化については考えない

*5 ここでの商品はルール概念である商品 role であり、リンゴ、ミカン、車、本は、商品 role を担ったロールホルダーである

と考えられる。しかし、そのようなアドホックな対処法は、暗黙の状況に応じて言語のセマンティックス（この例では instance-of 関係の意味の解釈）が変化することを許すことになり、それは知識ベースの再利用性低下や、メンテナンスのコスト増大などの大きな一因となる。このようなアドホックな対処法における問題点は、これまでのエキスパートシステムやソフトウェア構築の研究においても指摘されている。それに対して本論文では、上述のようなロール概念に関するインスタンスの存在の特性を、ロール概念の性質として明確にした。そして、そのロール概念を用いることで、例で示したような問題を一般的な枠組みで扱うことが出来るようになった。

4.3 複数のロールを担う概念

ロール概念の特徴の1つとして、ある概念のインスタンスがコンテキストに応じて複数の異なるロールを担うことがある。例えば、学校においては「教師」であり、夫婦においては「夫」である「人間」のインスタンス「山田氏」について検討する。

従来の is-a 関係を用いると「教師」と「夫」を is-a 関係によって多重継承した「教師+夫」クラスを作成し、そのインスタンスが「山田氏」であると捉えることが出来るが、このような組織化の問題点は前節で述べた通りである。

このような複数のロールを担う概念もロール概念を導入することで、「山田氏」は基本概念「人間」のインスタンスであり、「山田氏」がロール概念「教師 role」および「夫 role」を同時に担って、ロールホルダー「教師」および「夫」となったと表すことができる。ここに現れる「人間」、「教師 role」、「夫 role」、「教師」、「夫」といった諸々の概念定義の関係は、3.2 節で述べた枠組みで明示される。また「山田氏」が「教師」を退職した場合や、更に「山田氏」が仕事後に通っている英会話学校では「生徒」となるといったコンテキストに応じた変化の様子についても、前項で述べたロールホルダーの性質により一般的な枠組みで自然に扱うことが出来る。

5. 関係概念

本章では我々が開発したオントロジーエディタのもう1つの特徴である「関係概念」に関する考察と、システムでの実装を述べる。

5.1 関係概念と全体概念

あるものを記述するには2通りのとらえ方ができる。例えば夫婦を概念化するとき、「山田さん夫婦」といった場合には夫婦を2人から構成される概念としてとらえているが、「太郎と花子は夫婦だ」といったときには2人の間に成り立つ関係としてとらえている。

基本的にはすべてのものには概念と関係としての両方とらえ方が存在する。例えば「自転車」を構成する部品間の関係を「自転車関係」として概念化することや、「接続関係」にある複数の部品を「接続関係物」といった概念としてとらえることも原理的には可能である。これらの概念化の強調のされ方は概念の特性によって異なり、

- (1) 主に概念としてとらえられる例：自転車
- (2) 概念・関係の両方としてとらえられる例：夫婦/夫婦関係
- (3) 主に関係としてとらえられる例：前後関係

がある。しかし、このような概念化のされ方をサポートするオントロジーの記述環境は見られない。本研究ではこれらのとらえ方に関して、「全体概念」、「関係概念」という2つの概念を導入する。全体概念とは、あるものをその一部分をなす複数の概念から構成される全体としてとらえ概念化したものであり、関係概念とは、複数の概念間に成り立つ関係を概念化したものをいう [溝口 99b]。先ほどの夫婦の例では、前者が全体概念の「夫婦」であり、後者が関係概念「夫婦関係」として「夫婦」を概念化したものに当たる。

全体概念は構成要素となる概念（部分概念）を含み、部分概念との間には part-of 関係をもつ。よって 3.2 節で述べたように part-of 関係に伴いロール概念、クラス制約、ロールホルダーの3つ概念要素が現れる。それに対し関係概念は、概念間の関係を概念化したもので、その関係に参加する概念（参加概念と呼ぶ）は関係概念の概念定義には含まれない。参加概念は3章で述べた部分概念と同じ枠組みで定義され、参加概念に数に関する制約や参加概念間の公理も定義することができる。

関係概念は他の概念を定義する際には、“部分概念のインスタンス間にある関係が成り立つ”という概念間の関係に関する制約の記述に利用される。その際ある1つの概念が、全体概念に基づくロール概念と、公理に記述された関係概念から決まるロール概念の複数のロール概念を持つことがある。例えば全体概念「家族」を考える。ここでは簡単のため、両親と子供から構成される“完全な核家族”について考えると、「家族」は、父親としての役割（「父親 role」）を持った「男性」、母親としての役割（「母親 role」）を持った「女性」、子供としての役割（「子供 role」）を持った「人間」から構成される全体概念として記述することが出来る。この家族における「父親」と「母親」の間には“夫婦関係が成り立つ”という関係に関する公理を記述することができる。このとき「家族」において「父親 role」を担う「男性」はこの「夫婦関係」における夫としての役割（「夫 role」）というロール概念もあわせて持つことになる。さらに「父親」と「子供」の間に「親子関係」を記述すると、その「男性」は「親子関係」における親としての役割（「親 role」）も持つことになる。構築・利用環境では、このような公理における関係概念の利用や、複数のロール概念を持つ

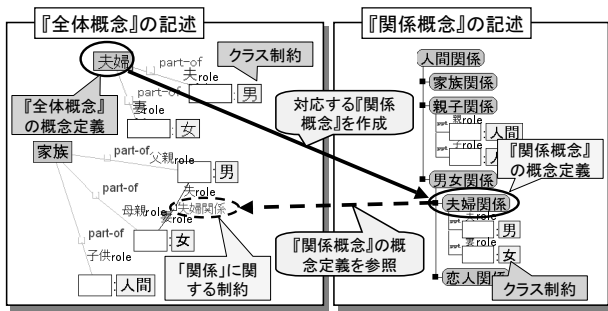


図 8 「関係概念」の記述例

概念の扱いを検討する必要がある。

5.2 記述環境における関係概念の扱い

前節の考察からオントロジー構築・利用環境では、「全体概念」・「関係概念」およびそれらの対応をシステムが保持し、必要に応じて表示せねばならないことが分かる。概念定義の表示・編集については、「全体概念」・「関係概念」のそれぞれに専用のウィンドウを用意し、それらの対応関係はシステムが管理する。

ここでは実際のシステムで「全体概念」および「関係概念」がどのように記述されるかを、5.1 節で述べた例の記述方法を通して概説する。図 8 は、左が全体概念、右が関係概念を記述する画面を表わしている。

- (1) 「夫婦」を「全体概念」として記述する（この際に「夫 role」、「妻 role」も定義する）
- (2) 「夫婦」の概念定義を示すノードを選択し、「対応する関係概念の作成」メニューを実行する。
- (3) 関係概念の記述画面に「夫婦関係」が半自動的に作成され、同時に (1) で作成した「夫 role」、「妻 role」を共有（再利用）することで「夫婦関係」における「夫 role」、「妻 role」が作成（定義）される*6。
- (4) 次に別の全体概念として「父親」、「母親」、「子供」から構成される「家族」という概念を記述する。
- (5) 「家族」における部分概念「父親」と「母親」を選択し、Tool Bar の「関係の種類」で「夫婦関係」を選び、「関係の追加」を実行する。ここで追加される関係は、関係概念として定義に従って追加できる関係の種類などの制約を受ける。
- (6) 「家族」の定義に、「父親」と「母親」の間には「夫婦関係」がある」という公理が追加される。
- (7) この時「夫婦関係」の概念定義が参照され、「家族」において「父親」となる「男性」と「母親」となる「女性」は、それぞれ「夫 role」と「妻 role」も担うことになる。
- (8) Definition Panel を用いて部分概念の各ロール概念の定義を編集する。

*6 ここでは全体概念を先に定義しているが、関係概念を先に定義した場合にも同様のことがなされる。

5.1 節で述べたように、全体概念「夫婦」および関係概念「夫婦関係」から定まるロール概念は相互に対応している。そのロール概念を「家族」の定義で参照しているので、上記の (1)(3)(7) に現れる「夫 role」、「妻 role」は同一の定義内容となるようシステムで管理される。また「家族」において「父親」となりうる「男性」のように複数のロール概念を持つ部分概念の Definition Panel では、その基本概念（ここでは「男性」）が担うロールの一覧を表示し、編集する定義内容を選択することができる。

6. 関連研究との比較

オントロジー記述環境に関してはいくつかの開発例が存在する。Stanford 大学の KSL はネットワークを用いてオントロジーの共同構築・共有を図るシステムを稼働させている [Farquhar 96]。このシステムでは、オントロジー記述言語 Ontolingua で書かれたオントロジーの表示・編集が可能で、既に公開されているオントロジーを拡張したり、その一部を利用してオントロジーを構築することができる。Swartout らは、汎用な大規模オントロジーを用いて、ドメインオントロジーを構築するための Web ベースのツール Ontosaurus を開発している [Swartout 96]。また、Karlsruhe 大学 AIFB 研究所の OntEdit [Staab 00] や Stanford 大学の Protégé [Noy 01]、Mahalingam らの Java Ontology Editor (JOE) [Mahalingam 99] や Domingue らの WebOnto [Domingue 98] などとともに Java 言語を用いて開発されたオントロジーの記述環境で、ネット上で公開されている。一方、武田らの Designers amplifier は共有オントロジーの構築を目指したシステムで、オントロジーの記述環境が含まれる [鷹合 97]。これらのシステムに共通する限界は従来の知識表現言語の域を出ていないこと、言い換えれば、オントロジーが持つ本質的な特性を扱う能力が十分では無いことである。

具体的には「法造」のオントロジーエディタには、これらのシステムと比較して以下のような特徴があり、

- (1) 基本概念、ロール概念、ロールホルダーの峻別
- (2) 関係概念と全体概念の対応の明示化と管理

本格的なオントロジー記述を可能にするシステムである。

(1) の 3 つの概念を峻別することの意義は 4.1 節で述べた通りである。既存システムの中にも、ロールという概念が用いられているものがあるが [Farquhar 96]、それらの多くは、関係の両端にくる概念の呼び名やスロットのことを「ロール」と呼んでいるのみで、単なるラベル付け以上にロールの定義を記述可能な環境は少ない。ロールの定義を記述する枠組みを提供している環境としては、OntoEdit [Staab 00] や Protégé [Noy 01] などがあるが、これらのシステムではロール概念とロールホルダーは区別されておらず、ロールを担う基本概念の定義と、ロールの定義がどのような関係にあるのかが明確になってい

ない。また、3・2 節で述べた R2 に当たるルール概念独自の定義を追加することは出来ない。

本論文で導入したルールは、これらのシステムに比べて、ルール概念とルールホルダーを峻別した上で、ルール概念独自の定義を記述し、そのルールを担う基本概念の定義との関係を明確にしている点が大きく異なる。このようにルール概念の定義を独立させ、3・2 節で述べたように、基本概念・ルール概念・ルールホルダーの3つの概念を峻別し、それらの定義内容の関係を明確に扱う枠組みを提供することで、ルールの生成/消滅などに伴う概念定義の変化の伝播を、汎用な枠組みで明示的に扱うことが出来る。さらにルール概念の定義を明確にすることで、様々なルール概念の概念的な違いが明らかになり、同じレベルで呼ばれる類似したルール概念の本質的な相違点を明示することが出来る。例えば「教師 role」は「学校組織」というコンテキストに依存して定まるルール概念である「(学校組織における)教師 role」のほかに「職業」というコンテキストからみた「(職業としての)教師 role」や「教える」という行為に依存して決まる「(教える行為における)教師 role」など、様々な「教師 role」を考えることが出来る。これら複数の「教師 role」の概念的な違いは、本論文で導入したルール概念定義の枠組みによって明確に表すことができ、ルール概念の組織化がなされオントロジーの再利用性向上に貢献する。

知識システムが対象とする世界には様々な種類のルール概念が現れるので、ルール概念の組織化はオントロジー構築において重要な意味を持ち、今後の研究課題の1つとして検討を進めている。なお、様々な種類のルール概念の分類やルール概念の同定に関する研究成果は「法造」のオントロジー構築ガイドシステムである「概念工房」に反映されており別稿で報告する [石川 02]。

さらに (2) の関係概念を用いるとルール概念間の関係を記述することが出来る。例えば、5・2 節で述べた「核家族」における「父親 role」を担う男性は「母親」との間に「夫婦関係」があり、その「夫婦関係」から定まる「夫 role」も同時に担う^{*7}。このことから「父親 role」は「夫 role」の定義に依存していることが分かる。このようなルール概念間の関係は、先に述べたルール概念の組織化に用いられる。

既存システムにおいては関係の定義について詳細な記述を行える環境は少ない。OntoEdit などのいくつかの環境では、関係の定義を is-a 関係を用いて階層化する枠組みを提供しているが、主に2項間関係の記述が中心となっている。また、関係に依存して定まるルール概念を扱う枠組みが前述の通り十分ではないので、本論文で述べたような複雑な関係を記述するには適していない。これらのシステムに比べて、本システムでは(全体)概念と同じ枠組みで関係の定義を行うことができ、複雑な関係についてはルール概念間の関係を用いることで、別の

基本的な関係との組み合わせで比較的容易に記述することが出来る。

このように「法造」のオントロジーエディタでは、既存のオントロジー記述環境で扱うことが出来なかった概念的な性質を、ルール概念を中心とした統一的な枠組みで明示的に扱うことが出来る。これはオントロジーを構築するユーザーにとって、オントロジー構築時に混同しがちな概念の相違点を明確にする、一種の概念化の指針を提供することになる。また、このような統一した枠組みに従ってオントロジーを構築することで、構築したオントロジーやモデルの再利用性を高めることに貢献する。

7. 開発・利用状況

本論文で述べたオントロジーエディタの前身は Java 言語を用いたネットワークベースのアプリケーションとして開発がなされ、約4年間に渡り研究室内外の様々なプロジェクトで実際に使用され、高い評価を得ている。具体的には、知的教育システムのオントロジー [金 99]、CSCL におけるシステムのインタラクションオントロジー [Barros 01] などの構築に利用がなされてきた。さらに本論文の考察内容から得られた知見と、これまでの利用者から得られた意見に基づいて開発がなされたオントロジーエディタの最新版は、既に研究室内での利用がなされており、並行して開発が進められているオントロジーサーバーと合わせて一般公開する準備が整っている。

このような構築環境の評価は、従来システムに比べた質的な新規性と、システムの使用した評価からなされる。本システムの新規性については前章で述べた通りである。一方、システムを使用した上での有用性の評価は長期間の使用経験によって示されることが多い為、客観的な評価は一般的に難しい。しかし、システムを複数のオントロジー構築に利用することで、ある程度の評価を得ることができると考えられる。前述のように、本システムは現在、研究室内の複数のプロジェクトにおいてオントロジー・モデルの構築に利用され、実際のオントロジー構築に必要な機能が提供されていることが確認されている。これらの利用例を通して得られた成果の一例を示すと、旧通産省の支援のもと、ヒューマンメディアプロジェクトの一環としてなされた、石油精製プラントのオントロジーと対象モデル [佐野 99] の構築がある。この際、構築された概念数約400のプラントオントロジーおよび部品数約2000というプラントモデルは、企業の専門家からも現実の石油精製プラントを扱うのに十分な規模を提供していると認められており、本システムが現実規模のオントロジーの構築に十分耐えうるシステムであることが示されたと言える。さらに同プロジェクト内の開発システム(三菱電機(株)、日石三菱石油(株)が参加)において、これらのプラントオントロジーおよびモデルを利用したアプリケーションも開発され、オントロジーエ

*7 ここでは私生児に関しては考えない。

ディタがオントロジーの構築から利用までの一連の過程をサポートできることが示された。この詳細は別稿で報告する [古崎 02]。また、機能オントロジーの構築 [來村 02] においては、従来の記述環境では構築が困難であったオントロジーの構築が可能となったとの評価を受けている。

8. む す び

本論文では、オントロジー構築において重要となる「ルール」と「関係」に関する基礎的な考察を行い、そこから得られた知見に基づいて、設計・開発を行ったオントロジー記述環境（オントロジーエディタ）について報告した。特に、基本概念・ルール概念・ルールホルダーの峻別と、関係概念と全体概念の対応という2つの理論に基づいてオントロジーを構築することを提案し、これを支援する機能をシステムに実装した点は、既存研究に見られない本システムの特徴である。

知識システムを利用する専門家の間では、自然言語や図表を用いて表すことの出来ない専門用語の持つ深い意味や know-how が、特に実際の運用の場において暗黙裡に継承されており、これらの暗黙的な知識の全てをオントロジーを用いて明示化することは困難である。しかし、これらの専門家が持つ暗黙的な知識を継承する能力を前提にすれば、オントロジーに基づくモデルや知識ベース構築、タスクの実行・支援などは、彼らが互いに合意するための手段として十分に有効であると思われる。実際、本研究で開発されたオントロジーエディタは、既に様々なオントロジー・モデルの構築に利用されており、その有用性が確認されている。

今後の課題としては、オントロジーに関する基礎的な考察をより深める必要があると考えている。具体的な検討課題としては、モデル構築時のインスタンス作成支援方法、オントロジー工学基礎論 [溝口 99b] で述べられている7種類の part-of 関係の扱い、本論文で述べた以外のルール概念の分類と組織化などがあげられる。ルール概念に関する理解を深めることで、コンテキストに応じた知識の視点を管理・変換する枠組みを提供することが可能になると期待されている。

一方、本論文で述べたように詳細なオントロジーの記述を行うことで、オントロジーを構築するユーザーの負担が大きくなるという問題も生じる。このような問題に対する取り組みとして、我々は2つのアプローチを取っている。1つはオントロジー構築を支援するガイドラインや方法論、およびそれを実装したガイドシステムの開発で、「概念工房」がそれに当たる。またその一方で、記述環境で扱うオントロジーの詳細度を、ユーザーの熟練度に応じて段階的に切り替える枠組みについても検討している。いずれにしても、オントロジーの詳細度と構築コストの兼ね合いは、極めて難しい問題で、様々な開発

経験を通して長期的・継続的に検討を重ねていかねばならない問題である。

謝 辞

本研究は科学研究費補助金(基盤研究(B)(2)11480076)オントロジーの基礎理論とその開発環境に関する研究の援助のもとでなされた。また査読者から極めて有意義なコメントをいただいたことに感謝します。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [Barros 01] Barros, B., Mizoguchi, R., and Verdejo, F.: A Platform for Collaboration Analysis in CSCL. An ontological approach, in *Proceedings of AIED01*, St. Antonio, USA (to appear, 2001).
- [Barwise 83] Barwise, J. and Perry, J.: *Situations and Attitudes*, MIT Press (1983).
- [Domingue 98] Domingue, J.: Tadzebao and WebOnto: Discussing, Browsing, and Editing Ontologies on the Web, *Proceedings of the 11th Banff Knowledge Acquisition Workshop*. (1998).
- [Farquhar 96] Farquhar, A., Fikes, R., and Rice, J.: The Ontolingua Server: a Tool for Collaborative Ontology Construction, *Proceedings of the 10th Banff Knowledge Acquisition Workshop* (1996).
- [Guarino 98] Guarino, N.: Some Ontological Principles for Designing Upper Level Lexical Resources, *International Conference on Lexical Resources and Evaluation* (1998).
- [林 98] 林, 瀬田, 池田, 金, 角所, 溝口: 概念間関係に関するオントロジー的考察 ~ is-a, part-of, identity ~, 信学技報 AI98-40, pp. 1-8 (1998).
- [石川 02] 石川, 久保, 古崎, 來村, 溝口: タスク・ドメインルールに基づくオントロジー構築ガイドシステムの設計と開発 - 石油精製プラントを例として -, 人工知能学会誌 (投稿中) (2002).
- [金 99] 金, 林, 池田, 溝口 他: 訓練システム SmartTrainer 構築用オーサリングツール, 教育情報学会学会誌秋号, Vol. 16, No. 3, pp. 139-148 (1999).
- [來村 02] 來村, 笠井, 吉川, 高橋, 古崎, 溝口: オントロジーに基づく機能的知識の体系的記述とその機能構造設計支援における利用, 人工知能学論文誌, Vol. 17, No. 1, pp. 73-84 (2002).
- [古崎 99a] 古崎, 久保, 來村, 池田, 溝口: オントロジー構築利用環境「法造」の設計と試作, 人工知能学会全国大会論文集 (第13回), pp. 374-377 (1999).
- [古崎 99b] 古崎, 久保, 來村, 池田, 溝口: オントロジー構築利用環境の開発 ~ 「関係」および「ルール概念」に関する基礎的考察 ~, 人工知能学会研究会資料 SIG-KBS-9803, pp. 13-18 (1999).
- [古崎 02] 古崎, 來村, 佐野, 本松, 石川, 溝口: オントロジー構築・利用環境「法造」の開発と利用 - 実規模プラントオントロジーを例として -, 人工知能学会論文誌 (投稿中) (2002).
- [久保 98] 久保, 古崎, 來村, 池田, 溝口: オントロジー構築ガイドシステムの概念設計, 人工知能学会全国大会論文集 (第12回), pp. 36-39 (1998).
- [久保 99] 久保, 古崎, 來村, 溝口: オントロジー構築方法 AFM(Activity-First Method) の詳細化の試み, 人工知能学会全国大会論文集 (第13回), pp. 114-117 (1999).
- [Mahalingam 99] Mahalingam, K. and Huhns, M.: Java Ontology Editor (JOE) TUTORIAL (1999), <http://www.engr.sc.edu/research/CIT/demos/java/joe/>.
- [Mizoguchi 95] Mizoguchi, R., Ikeda, M., Seta, K., and Vanwelkenhuysen, J.: Ontology for Modeling the World from Problem Solving Perspectives, in *IJCAI Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing* (1995).
- [溝口 99a] 溝口理一郎: オントロジー研究の基礎と応用, 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 6, pp. 977-988 (1999).
- [溝口 99b] 溝口, 池田, 來村: オントロジー工学基礎論, 人工知

能学会誌, Vol. 14, No. 6, pp. 1019–1032 (1999).

[Noy 01] Noy, N. F., Sintek, M., Decker, S., Crubezy, M., Ferguson, R. W., and Musen, M. A.: Creating Semantic Web Contents with Protégé-2000, *IEEE Intelligent Systems*, pp. 60–71 (2001).

[佐野 99] 佐野, 来村, 溝口: ヒューマンメディア・プロジェクトにおける石油プラントオントロジーの構築とその利用, 人工知能学会全国大会論文集 (第 13 回), pp. 378–381 (1999).

[Staab 00] Staab, S. and Maedche, A.: Ontology Engineering beyond the Modeling of Concepts and Relations, Koblenz, Germany (2000).

[Swartout 96] Swartout, B., Patil, R., Knight, K., and Russ, T.: Toward Distributed Use of Large-Scale Ontologies, *Proceedings of the 10th Banff Knowledge Acquisition Workshop* (1996).

[鷹合 97] 鷹合, 武田, 西田 他: オントロジーを用いた設計者の統合支援環境, 人工知能学会全国大会論文集 (第 11 回), pp. 569–572 (1997).

[高岡 95] 高岡, 広部, 溝口: 再利用可能知識ベースの構築, 人工知能学会誌, Vol. 10, No. 5, pp. 786–797 (1995).

[Takaoka 96] Takaoka, Y. and Mizoguchi, R.: Identification of Ontologies to Reuse Knowledge for Substation Fault Recovery Support System, *Decision Support Systems* 18, pp. 3–21 (1996).

〔担当委員: 木下哲男〕

2001 年 4 月 27 日 受理

著者紹介



古崎 晃司 (学生会員)

1997 年大阪大学工学部電子工学科卒業。現在同大学院工学研究科博士後期課程在学中。オントロジー工学の基礎理論, オントロジー構築環境, Web 情報システムに関する研究に興味を持つ。情報処理学会会員。



来村 徳信 (正会員)

1991 年大阪大学基礎工学部情報工学科卒業。1993 年同大学院基礎工学研究科前期課程修了。同年, 同大学産業技術研究所技官。1994 年同助手。現在に至る。博士 (工学)。物理的システムに関するオントロジー工学的考察と, それに基づいたモデル化と推論に関する研究に従事。1996 年人工知能学会創立 10 周年記念論文賞受賞。情報処理学会会員。



池田 満 (正会員)

1984 年宇都宮大学工学部卒同大学。1986 年院修士課程了大阪大学大学院博士。1989 年課程了。同年宇都宮大学助手。1991 年大阪大学産業科学研究所助手。1997 年同助教授。工学博士。形式言語の構文解析, 仮説推論, 帰納推論, 知的教育システム, オントロジー工学の研究に従事。人工知能学会設立 10 周年記念優秀論文賞受賞。人工知能学会, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 教育システム情報学会各会員。



溝口 理一郎 (正会員)

1977 年同大学院基礎工学研究科博士課程修了。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。音声の認識・理解, エキスパートシステム, 知的 CAI 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 受賞。電子情報通信学会, 情報処理学会, 教育システム情報学会, 日本認知科学会, Intl. AI in Education (IAIED) Soc., AAAI, IEEE, APC of AACE 各会員。現在, IAIED Soc. 会長, 及び APC of AACE の次期会長。