

オントロジー構築ツールの現状

A Present State of Ontology Development Tools

古崎 晃司

大阪大学産業科学研究所

Kouji Kozaki

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

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

溝口 理一郎

(同上)

Riichiro Mizoguchi

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

Keywords : ontology, ontology building, development tool, semantic web

1. まえがき

近年のセマンティック Web やその Web サービスに関する研究・技術開発の広がりに伴い、その中核技術の一つに位置づけられるオントロジー研究への関心も急速に高まっている。オントロジーは、セマンティック Web においてメタデータとして付加される意味情報を表現する方法を提供し、セマンティック Web 実現に向けた基礎技術の研究、標準化への取り組み、セマンティック Web に用いるオントロジー構築ツールの開発など、オントロジーに関する様々な研究が進められている。特にこの数年の間に公開されたオントロジー構築ツールは急増しており、多くのツールが Web 上から入手できるようになった。本解説では、このような近年におけるオントロジー構築ツール開発の動向を概観すると共に、国内外の代表的なオントロジー記述ツール（オントロジーエディタ）について、それらの特徴を比較検討し、セマンティック Web システムの開発に必要となる、オントロジー構築ツールに関する情報を概説する。

2. オントロジー構築ツールの開発動向

2.1 オントロジー構築ツールの分類

オントロジー構築に用いられるツールには、いわゆるオントロジーエディタと呼ばれる記述ツールの他に、構築したオントロジーの整合性を検証するための推論エンジン、複数のオントロジーを比較・統合するマージングツールなどがある。また、より高度なオントロジー構築ツールとして、技術文書、電子辞書、Web リソースなど各種情報源からオントロジー構築を支援するオントロジー構築支援システムの開発も行われている。

一方、オントロジー構築やオントロジーを用いたアプリケーションを構築する為のツール群を、API などの形で提供しているオントロジー構築ツールキット¹も近年多く開発されている。代表的なものに Hewlett Packard

社の Jena²や、Wonder Web プロジェクトで開発された OWLAPI³[Sean 03]などがある。

本解説ではこれらのツール類の中、オントロジー記述ツールを中心に述べる。

2.2 初期のオントロジー構築ツール

オントロジー構築ツール開発の歴史は、オントロジー研究が盛んになりつつあった 1990 年代にさかのぼる。この頃、オントロジーの理論や表現言語の研究に合わせて、Stanford 大学 KSL による Ontolingua Server⁴[Farquhar 96]や、南カリフォルニア大学の Ontosaurus⁵[Swartout 96]、アムステルダム自由大学の WebOnto⁶[Domingue 98]など、いくつかのオントロジー構築ツールが開発されている。これらのツールの中には、Stanford 大学 SMI による Protégé[Noy 01]、マドリード工科大学の ODE [Fernández 99]など、現在も開発が続けられているものが多い。KAW99 で発表された WonderTool⁷ [Duineveld 99]では、当時の主な 6 つのオントロジー構築ツールが比較されており、当時の現状を知ることができる。この頃のツールは、共通のオントロジー記述言語を持たず、各オントロジーの理論とそれを実現したツールという色合いが濃い。また Ontolingua Server をはじめとして、Web ブラウザなどを用いた、オントロジーサーバー・クライアントベースの構築ツールが多く見られる。国内では、大阪大学で現在も開発が続けられている「法造」の前身となったオントロジー記述ツール⁸[古崎 97]、静岡大学によるオントロジー構築支援システム DODDLE⁹[山口 99]の開発が同じ時期に行われている。

² <http://jena.sourceforge.net/>

³ <http://owl.man.ac.uk/api.shtml>

⁴ <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>

⁵ <http://www.isi.edu/isd/ontosaurus.html>

⁶ <http://kmi.open.ac.uk/projects/webonto/>

⁷ <http://hcs.science.uva.nl/wondertools/>

⁸ <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/oe/>

⁹ <http://panda.cs.inf.shizuoka.ac.jp/mmm/doddle/>

¹ <http://www.wiwiw.fu-berlin.de/suhl/bizer/toolkits/>

	Protégé	OntoEdit	OntoStudio	OilEd	WebODE	SWOOP	法造
開発元	Stanford大学 Medical Informatics	Ontoprise社 (カルスルーエ大学)	Ontoprise社	Manchester大学	Madrid工科大学	Maryland大学	大阪大学
入手先	http://protege.stanford.edu	http://www.ontoprise.de (現在は入手不可)	http://www.ontoprise.de	http://oiled.man.ac.uk	http://webode.dia.fi.upm.es/WebODEWeb/index.htm	http://www.mindswap.org/2004/SWOOP	http://www.hozo.jp
構築方法論のサポート	×	○	○	×	○	×	○
Import/Exportフォーマット	RDF; RDFS; DAML+OIL; XML; OWL; Clips; UML	RDFS; F-Logic; DAML+OIL; RDB schemas	RDFS; F-Logic; DAML+OIL; OWL	DAML+OIL; OWL; SHIQ Export (only): RDFS; DIG; FaCT Lisp.	RDF(S); DAML+OIL; OWL; F-Logic; Prolog; XML; Java; UML	RDF(S); OWL	Export: RDF(S); OWL
可視化	○(pulg-in)	○	○	○(pulg-in)	○	×	○
整合性検証／推論エンジン	○ (PAL/Jess/FaCTなど)	○ (OntoBroker)	○ (OntoBroker)	○ (FaCT/DIG)	○ (Prolog/Jessなど)	○ (Pellet)	△ (制約等のチェック)
協調構築支援	△(plug-in)	△	△	×	△	○(plug-in)	○(開発中)
日本語対応	○	×	○	△	×	×	○

表1 オントロジー記述ツールの比較

2.3 近年のオントロジー構築ツールの増加

2000年代に入り、現在のセマンティック Web 用のオントロジー記述言語 OWL の前身である OIL¹⁰や DAML+OIL¹¹が発表され、OilEd [Sean 01], OntoEdit [Staab 00]など OIL(DAML+OIL)に対応したツールの開発が行われるようになった。さらに、セマンティック Web 技術の標準化として RDF(S)¹²や OWL¹³が制定されるのに伴って、数多くのオントロジー構築ツールが開発されると共に、それまでに開発されたツールの RDF(S), OWL への対応が進んだ。XML.com に掲載された Ontology Tools Survey¹⁴に紹介されたツールの数を見ると、2002年11月06日付けの記事では52であったのが、2004年07月14日には93と、2年間で約倍増していることが分かる。

近年の動向としては、従来のオントロジーの理論的研究に伴って開発されたツールとは別に、RDF(S)や OWL 専用の構築ツールが多く開発されるようになったことがあげられる。また、セマンティック Web による利用を目的として、多くのオントロジーが Web 上に公開されるようになったことに伴い、オントロジーの統合や共同構築などを支援するツールの開発も進められるようになっていく。

3. オントロジー記述ツールの比較

ここでは代表的なオントロジー記述ツールを紹介し、それぞれの特徴を比較する(表1)。前述のように、現在公開されているオントロジー記述ツールは多数あるが、本解説では、読者が入手してすぐに利用可能なツールを中心に解説する。また、各ツールを使用する際に参照すべきドキュメントや、筆者らが実際に試用した際に感じた注意点などもあわせて述べる。

3.1 Protégé

Protégé¹⁵はスタンフォード大学のメディカルインフォマティクス (Medical Informatics) に所属するマーク・ミュセン (M.Musen) らのグループによって開発されている[Gennari 02]。公開サイトのデータによると、約3万2000人の登録ユーザーがあり(2005年8月現在)、名実ともに現時点では最もよく使われているツールといえる。どちらかといえば、構築のフェーズよりもむしろ、オントロジーの利用フェーズに重点が置かれており、オントロジー構築後に知識獲得ツールとしての利用、オントロジーの併合／調整に加えて、利用者固有の機能拡張を可能にするプラグイン機能が備わっている。Protégéの主な特徴は以下の四つにまとめることができる。

- (1) 利用者が表現のプリミティブを再定義して知識のモデルを拡張することを可能にする機能
- (2) オントロジーの出力形式を任意の形式言語にカスタマイズする機能
- (3) インタフェースをカスタマイズする機能
- (4) 他の応用プログラムを組み込むための強力なプラグイン機能

これらの機能により、Protégé はドメインモデルを獲得するためのメタツールとなっている。このことは Protégé のエキスパートシステム時代から続く長い歴史をみると理解できる。Protégé はもともとエキスパートシステムの知識獲得のメタツールとして開発された。メタツールというのは、当時の Protégé は、初めのフェーズで対象とする問題解決の一般的な構造を獲得して、その後、その構造の下で具体的な知識を獲得するインタビュースystemが生成されるので、ドメイン知識を獲得するインタビュースystemを生成するツールという意味である。これと同様のことが Protégé においても行われる。すなわち、オントロジー構築(クラス階層の構築)の後に行われるインスタンスの獲得とそれを組み合わせてのモデル構築は、知識獲得というドメイン知識獲得に対応する。プラグインの開発・利用が容易にできること、ツールとしての利用の歴史が長いこともあって61の便利な機能がプラグインされている(2005年8月現在)。開

¹⁰ <http://www.ontoknowledge.org/oil>

¹¹ <http://www.daml.org/>

¹² <http://www.w3.org/RDF>

¹³ <http://www.w3.org/2004/OWL/>

¹⁴ <http://www.xml.com/pub/a/2004/07/14/onto.html>

¹⁵ <http://protege.stanford.edu/>

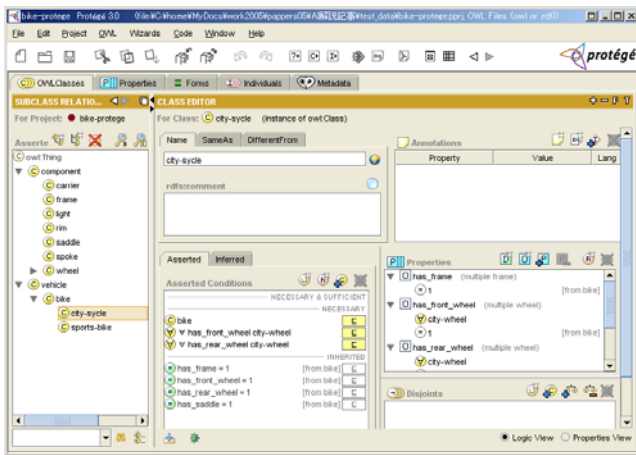


図1 Protégé の画面例(OWL plug-in 使用時)

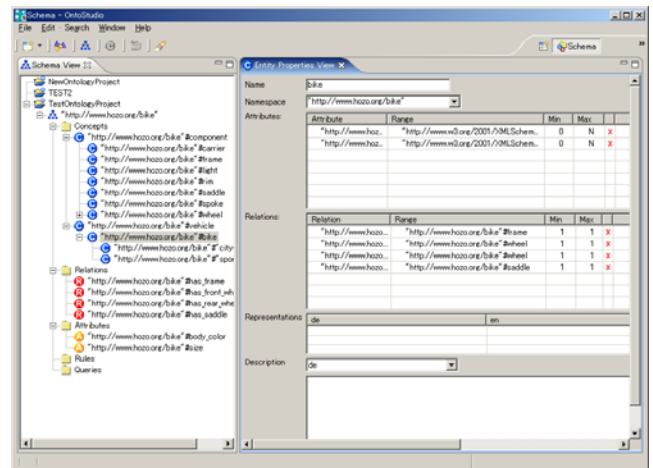


図2 OntoStudio の画面例

発・サポート体制が整備されていることや、世界各地で Protégé の講習会やカンファレンスが定期的に行われていることも、多くのユーザーがいることを示している。

図1に Protégé の画面例を示す。画面の左端にオントロジーのクラス階層を表示・編集する画面があり、ここで選択したクラスの詳細な定義をその他の画面で表示・編集するというインタフェースを持つ。オントロジーの可視化を行う ezOWL¹⁶や OWLViz¹⁷、構築したオントロジーを Web 上で共有する Protege Web Browser¹⁸機能などはプラグインとして提供されている。

現在公開されている version3.1 以降を full パッケージでダウンロードすると、OWL 形式のオントロジーの編集や構築したオントロジーの推論を可能とする OWL plug-in[Knublauch 04]をはじめとした代表的なプラグインが同梱されている。Protégé を起動すると構築するオントロジーの形式を選択するダイアログが表示されるので、ここで“OWL”を選択すると OWL plug-in が実行される。OWL plug-in を用いたモードでは、Class や Slot などオントロジー構築に用いる構成要素の呼び名や、概念定義に用いる制約を記述するフォームなど Protégé のインタフェースがすべて OWL 用にカスタマイズされている。よって OWL に関する基本的な知識があれば、比較的容易に OWL を用いたオントロジーが構築できる。

ただし Protégé は豊富な機能が提供されているため、初めてオントロジー構築ツールを使用するユーザーにとっては、多少のとまどいを感じるかもしれない。そのようなユーザーには、公開サイトで配布されている多くのドキュメント類が役立つ。OWL でのオントロジー構築を行う場合は、OWL plug-in のサイト¹⁹に公開されている“Protégé OWL tutorial”が参考になる。一方、Protégé のヘルプメニューからリンクされている“Getting Started”や“User Guide”といったドキュメントは、

OWL plug-in を用いない、これまでの Protégé 独自形式での使用方法について解説されたものであり、OWL plug-in を用いた際と操作方法が異なるので注意が必要である。なお著者らが動作確認したところ、日本語によるオントロジー構築も可能であった。また基本的な使用方法に関する日本語解説記事もいくつか入手できる[神崎 04, 萩野 05]。

3.2 OntoEdit および OntoStudio

OntoEdit は、元はドイツのカールスルーエ大学で開発された統合環境であり、Ontoprise 社²⁰によって製品として販売されていた。オントロジー構築過程のモデルとしては彼ら独自の On-To-Knowledge という方法論に基づいている。構築過程は(1)フィージビリティの検討、(2)キックオフ、(3)洗練、(4)評価、(5)適用と評価、の5段階に分けられている。2段階目のキックオフはオントロジーキャプチャ (Ontology capture) とも呼ばれており、オントロジーの概要をインフォーマルに把握することを主目的としている。この段階では TOVE 方法論という能力質問 (Competency questions) [Gruninger 95]を設定して、開発するオントロジーとそのオントロジーに基づくシステムが、それらの能力質問に答えられることを要求仕様としてオントロジーを開発する過程を支援する。また、オントロジー基礎理論的に正しい is-a 階層を作るために、グアリーノの Ontoclean 方法論[Guarino 02]が導入されている。

評価フェーズでは先の過程で求めた能力質問を用い、構築したオントロジーが要求仕様を満たしているかどうか確かめられる。OntoEdit は能力質問に対してオントロジーが答えることができるかどうかを確かめるために、インスタンスと公理の集合を作ること支援する機能を提供している。さらに、能力質問とそれに答える概念との間の依存関係を管理しており、そのことによってデバッグする際に依存関係を後戻りする機能を実現し、

¹⁶ <http://iweb.etri.re.kr/ezowl/>

¹⁷ <http://www.co-ode.org/downloads/owlviz/co-ode-index.php>

¹⁸ http://protege.stanford.edu/plugins/protege_browser/

¹⁹ <http://protege.stanford.edu/plugins/owl/>

²⁰ <http://www.ontoprise.de/>

それによってオントロジーの評価、修正を支援する。もう一つの特徴として、そのようなオントロジー修正過程においても名前空間を利用して複数の開発者がテストデータを用いた推論の実行などに支障なく行えるように工夫して開発を支援する機能がある。推論エンジンとしては F-Logic[Kifer 05]が採用されており、洗練や評価フェーズにおいて公理の解釈に使われる。特に F-Logic の威力は評価フェーズにおいて能力質問を処理する際に発揮される。すなわち、DL ではできない、クラスのある集合全体を対象とした任意のルールの実行が可能となっている。

2005 年 8 月現在では、OntoEdit の後継である OntoStudio というツールのみが入手できる(3 ヶ月間の試用が可能)。OntoStudio も基本的には概念(クラス)階層と各概念の定義の詳細を表示・編集する画面に分かれた Protégé に似たインタフェースを採用している(図 2)が、複数のオントロジーをプロジェクトという単位でまとめ、同時に編集することができるのが特徴となっている。また標準の plug-in として、オントロジーの可視化や Mapping を行う機能が搭載されている。ただし Protégé の OWL Plug-in を使用する場合と異なり、ツールのインタフェースが OXML という OntoEdit 独自の形式のオントロジーを構築するために設計されているため構築に用いる構成要素が OWL とは異なる。その為、OWL しか知らないユーザーは用語の違い等に少々とまどうかも知れない。例えば、OWL における Property に相当するものとして Relation と Attribute が用意されており、これらに関する制約は domain, range の他には Cardinality のみがサポートされている。

なお OntoEdit の特徴である F-Logic による推論エンジンは OntoStudio にも実装されており、すぐに利用できる。さらに OntoEdit では未対応であった OWL 形式での Import/Export 機能や日本語の利用にも対応しており、より使いやすいツールとして完成度が高まっている。ツールをダウンロードした際に同梱されているドキュメント“OntoStudio Quick Reference”には、オントロジー構築からクエリーを用いた検証までの使用法が簡単に図解されているので、初めて利用する際に参考になる。また F-Logic のチュートリアルも同梱されているが、OntoStudio の詳細な使い方を解説した“OntoStudio Tutorial”は残念ながら本稿執筆時点ではドイツ語のみしか公開されていない。

3.3 OilEd

OilEd²¹は、OWL の前身となったオントロジー記述言語 OIL のテスト環境として Manchester 大学で開発されたツールである[Sean 01]。小規模なオントロジー構築を

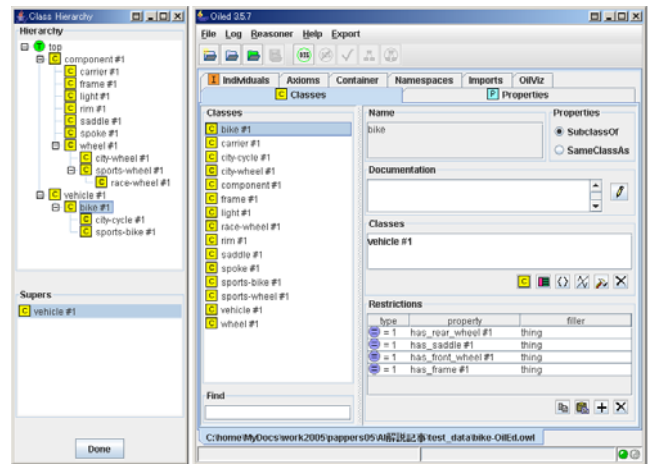


図 3 OilEd の画面例

想定して開発されているが、FaCT²²による整合性検証など、オントロジー構築に十分な機能を持っている。また推論エンジンとして DIG interface to DL inference engines を搭載しており、構築したオントロジーやインスタンスモデルに対して Query をかけることができる。

OilEd も Protégé や OntoEdit と同様のインタフェースを採用しており(図 3)、オントロジーの可視化には OilViz プラグインを利用する。ただし、Property の階層的な表示はできない。なおインタフェースは DAML+OIL 形式のオントロジーを構築に向けて設計されているため、構成要素の呼び名が OWL と異なるが、セマンティクスは基本的に OWL と同じなので用語の対応²³が分かれば OWL 形式のオントロジーを構築するのは難しくない。他のツールに比べて機能を限定したシンプルな作りになっているため動作も軽快で、初心者がおントロジー構築に用いるには、利用しやすいツールであると言える。簡単な使用法を説明したドキュメントも附属している。日本語によるオントロジーの構築も可能であるが、ファイルを保存するときの文字コードに ISO-8859 を用いているため、構築したオントロジーを他のツールで正しく読み込め無い場合がある。筆者らが動作確認したところ、OntoStudio では正しく読み込めたが Protégé, SWOOP では読み込めなかった。

3.4 WebODE

WebODE²⁴は METHONTOLOGY 方法論に基づいてオントロジー構築を支援するワークベンチであり、豊富な機能を持ち、オントロジーのライフサイクル全体を支援することが特徴である。他のすべてのツールと同様、抽象度の高い図的な表現から OWL などの言語への変換をサポートする[Corcho 02]。Protégé や OntoEdit が主として Plug-in アーキテクチャを採用しているのに対し

²² <http://www.cs.man.ac.uk/~horrocks/FaCT/>

²³ 例えば toClass が owl:allValuesFrom に対応するなど。

²⁴ <http://webode.dia.fi.upm.es/WebODEWeb/index.html>

²¹ <http://oiled.man.ac.uk/>

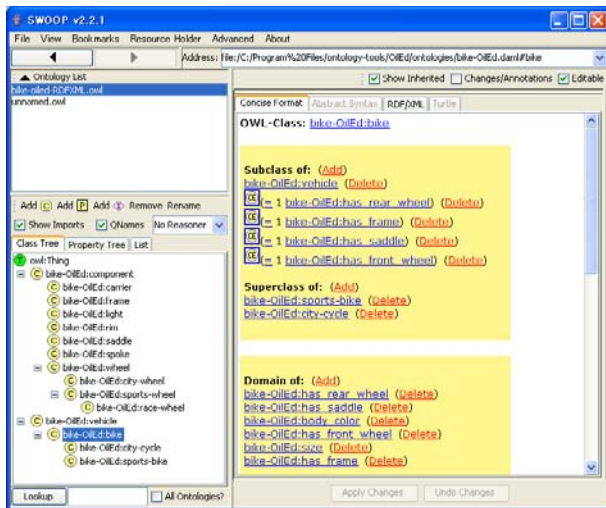


図4 SWOOPの画面例

て、WebODEはAPIを主体としたクライアント／サーバーアーキテクチャを採用している。オントロジーはSQLのデータベースに蓄積され、大規模のオントロジーに対応できるようになっている。

オントロジー構築に役立つ機能として、オントロジーの編集を支援する機能、WAB(WebODEのAxiom Builder)サービス、推論サービス、意味的相互運用サービス、そしてオントロジードキュメンテーションサービスなどが準備されている。WebODEはOntoEditと同様にOntoclean方法論を組み込んでいる。ODE-Cleanと呼ばれるが、各概念について与えられたメタ属性を元にPrologの推論エンジンでOntocleanがもつ意味制約のチェックが行われる。

実際に使用する際には、ゲストユーザーとして登録し、Webブラウザを用いて利用し、サーバー上のオントロジーの表示・編集・新規作成が可能である。ただし、推論エンジンについては、ゲストユーザーでは使用できない。残念ながら、筆者らが動作確認を行った環境では、ネットワークのトラフィックの関係か、オントロジー構築の際に十分な動作速度が得られなかった²⁵。なお日本語のオントロジー構築には対応していない。

3.5 SWOOP

SWOOP²⁶はMaryland大学のMINDSWAPプロジェクトで開発が進められているOWLエディタで、Webブラウザのようなインタフェースを採用していることを特徴としている[Kalyanpur 05]。Webメタファによるオントロジーの表示・編集を行うという考えに基づいて設計されており、WebブラウザがWebページのURLに対して行うのと同様のナビゲーションを、オントロジーの構成要素であるClass, Property, Individualがそれぞれ

れ持つURIを用いて行う。具体的には、Webブラウザと同様のアドレスバー、hyperlinkを用いたナビゲーション、ナビゲーションの履歴ボタン、ブックマーク、などをSWOOPは持つ(図4)。クラス階層は他のツールと同様にTree構造を用いて表示されるが、各クラスの定義内容は1つのWebページ(ontological“page”と呼ばれる)として表示される。このページは、構成要素毎に見やすく色分けした形式の他、OWLのXML表現、抽象構文、N3など、様々なviewを切り替えることができる。これら全てのviewにおいてそのクラスを定義する際に参照しているClass, Property, Individualなどはhyperlinkを用いて定義元にリンクされており、webサーフィンと同様に自由に行き来ができる。このようなインタフェースを採用した背景には、Webユーザーがオントロジーを利用するには、Protégéを初めとする多くのツールのように伝統的な知識表現ベースのパラダイムではなく、Webブラウザのhypermediaベースのパラダイムに基づくツールがより受け入れられやすい、という彼らの考え方がある。

オントロジーの編集はInlineにて行われ、変更箇所がフォントや色を変えて表示されると共に、変更履歴が保管される。なお、Classの追加・削除などの操作はClass階層で行えるが、それ以外の定義内容の編集は、クラス定義の表示画面にあるEditableをチェックすることで、ページ上に“add”, “delete”などの編集用メニューが定義の構成要素毎にhyperlinkとして表示され、リンクをクリックすると項目編集用のダイアログが表示される。またOWLのXML表現をそのまま編集するviewも用意されている。操作法を解説したドキュメント類は、まだ配布されていないが、Webサイトで操作法のデモをアニメーションで見ることができる。

その他に、SWOOPは以下のような特徴を持つ。

- Annotea²⁷対応のプラグインによるオントロジーへのアノテーション機能を用いたオントロジーの協調構築支援機能(アノテーションやオントロジーの更新履歴をサーバーで管理して、複数のユーザーで共有することができる)
- 複数オントロジーから関連する概念を検索、比較・関連付け、マッピングなど、オントロジー再利用を支援する機能
- Pellet²⁸を用いたクエリー機能によるOWLオントロジーのデバッグ機能[Parsia 05]

3.6 法造

法造²⁹はオントロジーの基礎理論に関する考察[溝口99]に基づいて、高い概念レベルで自然な形でオントロジー

²⁵ 国際会議でWebODEのデモが行われていた際には、十分に快適な速度で動作していたことを付記しておく。

²⁶ <http://www.mindswap.org/2004/SWOOP/>

²⁷ <http://www.w3.org/2001/Annotea/>

²⁸ <http://www.mindswap.org/2003/pellet/>

²⁹ <http://www.hozo.jp/>

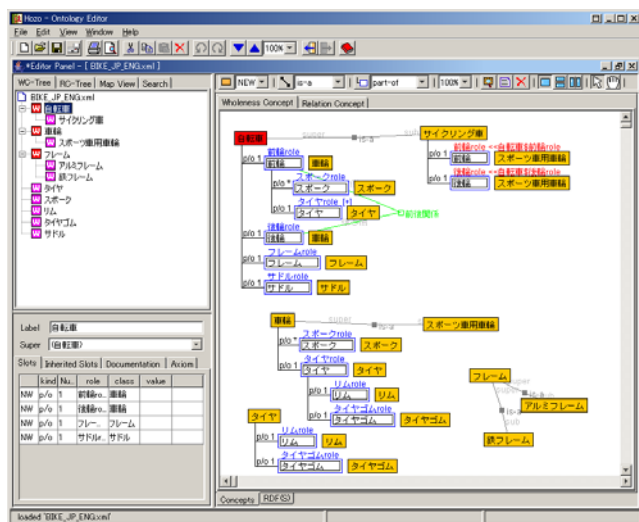


図5 法造の画面例

ーを構築・利用することを支援するための統合的環境として、大阪大学溝口研究室で開発が進められている[古崎02]。法造の最大の特徴は、ロール概念を明示的に扱うことができる点にある。ロール概念とは、例えば前輪、燃料、教師、夫などのように、コンテキストに依存して決定される役割を表す概念を言う。これに対し、車輪、灯油、人間などコンテキストに依存せずに決定される概念を基本概念と呼び、ロール概念との混同を避けることがオントロジーを構築する上で重要となる[溝口 99]。

図5に法造のオントロジーエディタの画面例を示す。他のツールと同様にクラス階層を表示する画面と共に、可視化された独自のグラフィカルな表現によりオントロジーを表示・編集する画面が中央に配置されている。基本概念とロール概念の明確な区別も含め、オントロジーの基本的な構成要素を、ユーザーは直感的にとらえることができるよう工夫されたグラフィカルな表現は、法造の開発当初から採用されている特徴の1つである。

最新版の法造では、オントロジーの理論的側面の深化を行いつつ、OWLへの対応、構築したオントロジーを用いたアプリケーション開発に用いるAPIの整備、オントロジーの分散開発支援ツールの開発などが進められている。法造の分散開発ツールでは、オントロジーを複数の部分的なオントロジーに分割し、それぞれを別の開発者が構築することを想定している。その際、各部分オントロジーの依存関係をシステムが管理することで、オントロジーが変更された際の影響範囲をユーザーに提示すると共に、オントロジーの整合性を保持するための方策を示し、半自動的に修正を行う。

公開サイトでは、簡単な操作マニュアル（日本語／英語）と併せて、法造を用いたオントロジー構築のサンプルとして「オントロジー構築入門」が公開されている。また、法造やオントロジー構築に関する情報やユーザーからのフィードバックなどの発信を目的としたブログサ

イト³⁰も開設されている。

4. 各ツールの相互運用性

ここでは、3章で紹介したツールで小規模なオントロジーを構築し、各ツールの相互運用性を検討する。検討に用いたツールは現在入手可能なProtégé, OntoStudio, OilEd, SWOOP, 法造の5つで、それぞれのツールで同じオントロジーを構築し、OWL形式で出力した。そして、それらのオントロジーを他のツールで正しく読み込むことができるかを確認した。ここで構築したオントロジーはクラス数15、プロパティ数6で、プロパティの制約にはCardinalityおよびallValuesFromのみを使用した。これらのデータはWebサイト上にて公開しているので、詳細はこちら³¹を参照願いたい。以下、各ツールを用いた結果と注意事項を述べる。

Protégé

OWL plug-inを用いると保存形式がOWLとなるのでエクスポート操作は不要。他のツールで構築したOWLファイルを読み込む際も、起動時のファイル形式で“OWL Files → Build”を選択するだけで問題なく読み込みができた。ただし、OWL plug-inを用いない場合は、DAML形式に変換されるので注意が必要である。

OntoStudio

OntoStudioについては、OWL形式でエクスポートしたファイルを、他のツールで読み込むことができなかった（OntoStudio自身では読み込める）。また他のツールで作成したOWLファイルを読み込む際には、Restrictionの内容や、ObjectプロパティとData Typeプロパティの区別が正しく変換されないという問題点がある。

Oiled

エクスポート時に“owl”と“owl(RDF/XML)”という2形式を選択できるが、“owl”を選択すると他のツールで正しく読み込むことができなかった。しかし、“owl(RDF/XML)”を選択すると、すべてのツールで正しく読み込むことができたので、こちらを利用することをお勧めする。他のツールで作成したOWLファイルの読み込みも、問題なく行えた。

SWOOP

OWLエディタとして開発されているので、OWL形式を利用する際にインポートやエクスポートといった操作は不要である。他のツールで作成したOWLファイルの読み込みも、問題なく行えた。

法造

現在のバージョンでは、OWL形式はエクスポートのみに対応している。ロール概念など法造が独自にサポートしている要素については、情報量を削ってエクスポ

³⁰ <http://www.hozo.jp/> より日本語サイトへのリンクを辿る。

³¹ http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/hozo/onto_tools/

ーとしている[古崎 05]. 他の要素に関しては, 各ツールで正しく読み込むことができた.

5. オントロジー構築ツールの情報源

本章では, オントロジー構築ツールに関する情報源をまとめる³². より多くのツールについての情報を必要とする際には, これらの情報を参考にして頂きたい.

OntoWeb プロジェクト Deliverable 1.3:A survey on ontology tools

http://ontoweb.org/About/Deliverables/D13_v1-0.zip/view

OntoWeb³³プロジェクトで行われた, オントロジー構築ツールに関する技術調査の報告書で, オントロジー関連ツールを以下の5種類に分けて比較している (括弧内の数字は紹介されているツールの数).

- Ontology building tools (11)
- Ontology merge and integration tools (4)
- Ontology evaluation tools (5)
- Ontology based annotation tools (6)
- Ontology storage and querying (9)

Wonder Web プロジェクト

<http://wonderweb.semanticweb.org/>

包括的なオントロジー工学に関するヨーロッパ (EU) のプロジェクトである. その主目的はセマンティック Web のオントロジーインフラ (規定構造) を確立することにある. 以下に示す6つの課題を対象にした非常に包括的なプロジェクトとなっている.

- **WP.1 Language Architecture**
(オントロジー言語のアーキテクチャ)
- **WP.2 Tools and Services**
(オントロジー構築ツールとサービス)
- **WP.3 Foundational Ontologies**
(オントロジー基礎)
- **WP.4 Ontology Engineering**
(オントロジー工学)
- **WP.5 Assessment, Dissemination and Evaluation**
(プロジェクト成果の査定, 流布, 評価)
- **WP.6 Project Management**
(プロジェクトの管理)

Ontology Tools Survey

<http://www.xml.com/pub/a/2004/07/14/onto.html>

XML.com で公開されている Michael Denny 氏によるオ

ントロジー構築ツールに関するサーベイ記事で, 各ツールの主な機能が表でまとめられている. 2005 年 8 月現在では, 2002 年 11 月 06 日付 (ツール数 52) と 2004 年 07 月 14 日付 (ツール数 93) の最新版の2つが公開されている.

The MMM Project—Semantic Web and Ontology tool survey

http://panda.cs.inf.shizuoka.ac.jp/mmm/tool_survey.html

The MMM Project³⁴によるオントロジー構築ツールの調査ページで, 先に述べた XML.com の Ontology Tools Survey 記事 (2002/11/06 付) で紹介されている 52 のツールに関して情報源と, 日本語による簡単な解説がまとめられている.

DAML Tools

<http://www.daml.org/tools/>

DAML プロジェクトのツールに関するリンク集で, 2005 年 8 月時点では DAML 関連のツールが 87, その他のツールを含めると, 243 のオントロジー関連のツールが掲載されている. そのうち, オントロジー記述ツール (Editor) については 13 のツールが掲載されている.

W3C の関連ページ

<http://www.w3.org/2004/OWL/>

<http://www.w3.org/RDF/>

それぞれのページに OWL, RDF 対応のツールが紹介されているが, オントロジー構築ツールに関する情報は少ない (OWL ページで紹介されている Editor は 4 つ).

EON2002~2004

<http://km.aifb.uni-karlsruhe.de/eon2002/>

<http://km.aifb.uni-karlsruhe.de/ws/eon2003/>

<http://km.aifb.uni-karlsruhe.de/ws/eon2004/>

オントロジーツール関係のワークショップで, ISWC や EKAW などオントロジー関連の国際会議と併設して行われた. ワークショップのサイトからプロシーディングスのダウンロードができる. 特に EON2002 では, オントロジー構築ツールに関する情報が多い. OntoWeb プロジェクトの一環として, オントロジーツールに関する様々な調査実験も行っており, その結果も公開されている.

その他の情報源

オントロジー構築ツールに関する最新情報は, ISWC³⁵, K-CAP³⁶, EKAW などオントロジーやセマン

³² これらの情報源へのリンク集は,

http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/hozo/onto_tools/ に公開している.

³³ <http://ontoweb.org/>

³⁴ <http://panda.cs.inf.shizuoka.ac.jp/mmm/>

³⁵ <http://iswc.semanticweb.org/>

ティック Web に関する国際会議や、ポータルサイトから多く得ることができる。日本語による情報源としては、INTAP の次世代 Web 委員会³⁷のサイトに、多くの技術資料などが公開されている。また日本語によるオントロジー[溝口 05]やセマンティック Web[神崎 04, 斉藤04a, 04b]に関する書籍も、最近出版されており、これまでの動向を知る際の参考になる。特に “A Semantic Web Primer”の邦訳[萩野 05] には、10 カテゴリ 36 のツールに関する解説が CD-ROM にまとめられており（うちオントロジー記述ツールは 7）各ツールの概要を知るのに役立つ。

6. おわりに

本解説では、近年多く開発が進められているオントロジー構築ツールに関して、代表的な記述ツールを中心に解説した。セマンティック Web 技術の動向が示すように、この分野でのツール開発の動きは非常に早く、この紙面では紹介しきれない多くのツールが存在する。これらのツールの真価が問われるのは、実際にユーザーが手に取って利用した時であろう。本解説では、初めてオントロジー構築に取り組むユーザーが、実際にこれらのツールをすぐに利用できる情報を提供したつもりであるので、少しでも関心を持たれたならば、各ツールの Web サイトを訪れ、実際に手に取って頂ければ幸いである。

謝辞

本解説の執筆に際し情報収集に協力してくれた、本学博士後期課程の砂川英一君に感謝の意を表する。

参考文献

- [Corcho 02] Corcho O., Fernández-López M., Gómez-Pérez A., Vicente O.: WebODE: an integrated workbench for ontology representation, reasoning and exchange, Proceedings of 13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW02), pp. 138-153 (2002)
- [Domingue 98] Domingue, J.: Tadzebao and WebOnto: Discussing, Browsing, and Editing Ontologies on the Web, Proceedings of the 11th Ban Knowledge Acquisition Workshop (1998)
- [Duineveld 99] Duineveld A. J., Stoter R., Weiden M. R., Kenepa B. and Benjamins V. R.: Wondertools? A comparative study of ontological engineering tools, Proceedings of the 12th Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management (1999)
- [Farquhar 96] Farquhar A., Fikes R. and Rice J.: The Ontolingua Server: a Tool for Collaborative Ontology Construction, Proceedings of the 10th Ban Knowledge Acquisition Workshop (1996)
- [Fernández 99] Fernández M., Gómez-Pérez A., Pazos J. and Pazos A.: Building a Chemical Ontology Using Methontology and the Ontology

- Design Environment, IEEE Intelligent Systems, Vol. 14, No. 1 pp. 37-46 (1999)
- [Gennari 02] Gennari J., Musen M. A., Fergerson R. W., Grosso W. E., Crubézy M., Eriksson H., Noy N. F. and Tu S. W.: The Evolution of Protégé: An Environment for Knowledge-Based Systems Development, (2002)
- [Gruninger 95] Gruninger M. and Fox M.S.: Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies, Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, IJCAI-95, Montreal (1995)
- [Guarino 02] Guarino N. and Welty C.: Evaluating ontological decisions with OntoClean, Communications of the ACM, Vol. 2 No. 45, pp. 61-65 (2002)
- [萩野 05] CD-ROM で始めるセマンティック Web, Grigorios Antoniou (著), Frank van Harmelen (著), 萩野 達也(監修), ジャストシステム知識活用研究グループ Gnosis(翻訳), ジャストシステム (2005)
- [Kalyanpur 05] Kalyanpur A., Parsia B. and Hendler J.: A Tool for Working with Web Ontologies, International Journal on Semantic Web and Information Systems, Vol. 1, No. 1, pp. 36-39 (2005)
- [神崎 04] 神崎 正英:セマンティック・ウェブのための RDF/OWL 入門, 森北出版株式会社, (2004)
- [Kifer 05] Michael Kifer, Georg Lausen, James Wu, Logical Foundations of Object Oriented and Frame Based Languages, Journal of ACM 1995, vol. 42, p. 741-843
- [古崎 97] 古崎晃司, 来村徳信, 池田満, 溝口理一郎: 分散型オントロジー構築利用・環境の開発, 1997 年度人工知能学会全国大会論文集, pp. 245-248 (1997)
- [古崎 02] 古崎晃司, 来村徳信, 池田満, 溝口理一郎: 「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, 人工知能学会誌, Vol. 17, No. 3, pp. 196-208 (2002)
- [古崎 05] Semantic Web アプリケーションの開発に向けたオントロジー構築・利用環境「法造」の拡張, 2005 年度人工知能学会全国大会予稿集, 2G1-02
- [溝口 99] 溝口理一郎, 池田満, 来村徳信: 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)
- [溝口 05] 溝口理一郎: オントロジー工学, オーム社 (2005)
- [Noy 01] Noy N. F., Sintek M., Decker S., Crubezy M., Fergerson R. W. and Musen M. A.: Creating Semantic Web Contents with Protégé-2000, IEEE Intelligent Systems, Vol. 16, No. 2, pp. 60-71 (2001)
- [Parsia 05] Parsia B., Sirin E. and Kalyanpur A.: Debugging OWL Ontologies, Proceedings of the 14th International World Wide Web Conference (WWW2005), Chiba, Japan (2005)
- [Knublauch 04] Knublauch H., Fergerson R.W., Noy N. F. and Musen M. A.: The Protégé OWL Plugin: An Open Development Environment for Semantic Web Applications, Proceedings of the 3rd International Semantic Web Conference (ISWC 2004), Hiroshima, Japan (2004)
- [Sean 01] Bechhofer S., Horrocks I., Goble C. and Stevens R.: OilEd: a Reason-able Ontology Editor for the Semantic Web, Proceedings of KI2001, Joint German/Austrian conference on Artificial Intelligence, Vienna. Springer-Verlag LNAI, Vol. 2174, pp. 396-408 (2001)
- [Staab 00] Staab S. and Maedche A.: Ontology Engineering beyond the

³⁶ <http://www.k-cap.org/>

³⁷ <http://www.net.intap.or.jp/INTAP/s-web/>

Modeling of Concepts and Relations, Koblenz, Germany (2000)

[斉藤 04a] (編)Fensel D and et. al., (監訳) 斉藤信男, 萩野達也 : ～進化する Web～セマンティック Web, ジャストシステム (2004)

[斉藤 04b] (監修) 斉藤信男, 萩野達也, (編) 財団法人 情報処理相互運用技術協会 : セマンティック Web 入門, オーム社 (2004)

[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)

[山口 99] 山口 他 : 計算機可読型辞書を利用した領域オントロジー構築支援環境, 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 6, pp. 1080-1087 (1999)

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 月大阪大学産業化学研究所附属産業科学ナノテクノロジーセンター助手, 現在に至る. 博士(工学). 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, ナノテクノロジー分野のオントロジー開発・応用に関する研究に従事. 情報処理学会会員, 化学工学会会員.

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 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. Intl. AI in Education (IAIED) Soc. 及び APC of AACE の会長, 人工知能学会理事, 同学会誌編集委員長, 電子情報通信学会論文誌編集委員, 教育システム情報学会理事, 同学会編集委員長を歴任. 情報処理学会, 日本認知科学会, AAAI, APSCE 各会員. 現在, 人工知能学会副会長.