



私のブックマーク

「オントロジーの構築と利用」

笹島 宗彦 (大阪大学産業科学研究所)

国立情報学研究所が提供する論文情報ナビゲータ CiNii (サイニイ) [0-1] で検索すると、「オントロジー」を題名に含む論文が 2007 年 (1 ~ 12 月) に 84 件発表されている。また、2008 年度の人工知能学会全国大会 [0-2] では「オントロジー」をタイトルに含むセッションが五つ、発表プログラムは 18 を数え、オントロジーという言葉の普及がさらに進んだことを実感している。さらに一般の IT 関連情報メディアでも、例えば CNET Japan の記事 [0-3] が「Web3.0」、「Web4.0」という言葉を使って、オントロジーと関わりの深いセマンティック技術の今後の動向を予測している。

その一方で、学会などの場で「(良い) オントロジーはどうしたらつくれるのでしょうか?」、「こういった案件にオントロジーを利用したいのですが」といったお問合せを産官学問わず受けることが増えてきた。以下、オントロジーを構築し利用するときに参考となりそうな URL をいくつか紹介する。

[0-1] CiNii, <http://ci.nii.ac.jp/>

[0-2] JSAI 全国大会 2008, <http://www.ai-gakkai.or.jp/jsai/conf/2008/>

[0-3] CNET Japan「セマンティックの波 2008」

<http://japan.cnet.com/column/rwweb/story/0,2000090739,20366436,00.htm>

1. オントロジーの全般的な動向を知る

オントロジーの構築と維持には継続的な情報源が必要であり、基礎から応用まで取りそろえたポータルサイトが有用である。国立情報学研究所の武田による解説(私のブックマーク「オントロジー」, Vol. 15, No. 6, (2000) [1-1])で紹介されたポータル“Some Ongoing KBS/Ontology Projects and Groups” [1-2] は、現在あまり更新されていないようであるが、著名なプロジェクトへのリンクがアルファベット順で並べられているほか、メーリングリストや国際会議へのリンクもある。

従来、日本語の情報源はばらばらであったため、初学者で、Web リソースを利用して手軽にセマンティック Web 技術を学びたいという方には、神崎正英氏による「メタ情報とセマンティックウェブ」 [1-3] を勧めてきた。セマンティック Web 技術におけるメタデータ、リソース、オントロジーなどの概念を、实例を交えて初学者向けにわかりやすく解説している。ある程度学習が進めば、2008 年 2 月に INTAP (財団法人 情報処理相互運用技術協会) の次世代 Web 委員会によって公開された「オントロジー関連リンク集」 [1-4] が知識源への入口として有用と思われる。セマンティック Web やオントロジーに関する研究組織やプロジェクト、公開されているオントロジーへのリンクなどが日本語で簡潔にまとめられている。各リンクには概説が付記されており、オントロジーという言葉の意味そのものからオントロジーやシソーラスに関する利用可能な研究リソース、公開されているオントロジー、代表的な各国のプロジェクトなど、一通り俯瞰できる。

上記のリンク集などで特にセマンティック Web に関するプロジェクト動向に興味をもたれた方には、W3C の Semantic Web Activity [1-5] が助けとなるであろう。RDF や OWL, SPARQL などの仕様へのリンクや各種記事、各ワーキンググループへのリンクなどが掲載されている。また、Repository of EASE [1-6] は、欧州で開催されたセマンティック Web のセミナーや会議に関連するプレゼンテーション資料やビデオアーカイブなどオントロジーを含めたセマンティック Web 関連の学習教材を提供している。

[1-1] 私のブックマーク「オントロジー」

<http://www.ai-gakkai.or.jp/jsai/journal/mybookmark/15-6.html>

[1-2] “Some Ongoing KBS/Ontology Projects and Groups”

<http://www.cs.utexas.edu/users/mfkb/related.html>

[1-3] メタ情報とセマンティックウェブ, <http://www.kanzaki.com/docs/sw/>

[1-4] INTAP「オントロジ関連リンク集」

<http://www.net.intap.or.jp/INTAP/s-web/portal/index.html#>

[1-5] W3C “Semantic Web Activity”, <http://www.w3.org/2001/sw/>

[1-6] Repository of EASE, <http://rease.semanticweb.org/>

2. オントロジの利用事例を知る

セマンティック Web におけるオントロジの利用事例に関して, W3C が [2-1] で一般的な情報提供をしている。各事例のリンク先にはそのプロジェクトの概要, 動作例, セマンティック Web 技術との関わりが動作画面例を交えて説明されている。上記の INTAP 次世代 Web 委員会 [2-2] も, オントロジの利用事例を調査資料などとともに紹介している。また, オントロジの利用事例について過去の主要な国際会議や研究会をサーベイし分析した結果を大阪大学の古崎が [2-3] で公開している。

最新のオントロジ利用事例は, 上記の各ポータルのほか, オントロジに関する国際ワークショップ FOMI (International Workshop on Formal Ontologies Meet Industry[2-4]), 国際会議 FOIS (International Conference on Formal Ontology in Information Systems[2-5]), EKAW (International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management[2-6]), K-CAP (International Conference on Knowledge Capture[2-7]), セマンティック Web 関連の国際会議 (ISWC[2-8], ESWC[2-9], ASWC[2-10]), WWW 関連の国際会議 (WWW[2-11]) の予稿集でサーベイするのがよいであろう。セマンティック Web 関連の会議では In-Use Truck や Industrial Truck に, 最新のアプリケーションに関する投稿がなされている。

なお, 網羅的ではないが, これら会議の大部分に関するその過去情報 (開催時サイト, 採択率など) や直近のイベント予定を, SemanticWeb.org[2-12] や Eventseer.net[2-13] で調べることができる。また, メーリングリスト seweb-list[2-14] は, SW 関係の国際会議情報を配信している。

国内の研究会では, 上述した人工知能学会全国大会のほか, 人工知能学会のセマンティック Web とオントロジ研究会 [2-15], 電子情報通信学会の知能ソフトウェア工学研究会 [2-16], Web インテリジェンスとインタラクション研究会 [2-17] など, オントロジとセマンティック Web に関連する発表が活発に行われている。また, 後述する JCOR (The Japanese Center for Ontological Research) が慶應義塾大学にて開催した First Interdisciplinary Ontology Meeting (InterOntology08) [2-18] では, 本会議が今後も毎年, 継続的に開催されるとのアナウンスがあった。

[2-1] W3C “Semantic Web Case Studies and Use Cases”

<http://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/>

[2-2] INTAP 次世代 Web 委員会, <http://www.net.intap.or.jp/INTAP/s-web/>

[2-3] オントロジ応用研究事例の分析, http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/hozo/onto_apps/

[2-4] FOMI2008 (過去開催分へのリンクあり), <http://www.fomi2008.di.unito.it/>

[2-5] FOIS2008, <http://fois08.dfki.de/joomla/> 過去開催分は, <http://www.formalontology.org/>

[2-6] EKAW2008, <http://ekaw2008.inrialpes.fr/> (隔年開催。過去開催分は”EKAW<開催年度>”で検索)

[2-7] K-CAP, <http://www.k-cap.org/>

[2-8] ISWC, <http://iswc.semanticweb.org/>

[2-9] ESWC2008, <http://www.eswc2008.org/> (毎年開催。過去開催分 URL は <http://www.eswc<開催年度>.org/>)

[2-10] ASWC2008, <http://www.aswc2008.org/> (毎年開催。奇数年は ISWC と共催。過去開催分 URL は <http://www.aswc<開催年度>.org/>)

[2-11] International WWW Conference, <http://www.iw3c2.org/conferences/>

[2-12] SemanticWeb.org, http://semanticweb.org/wiki/Main_Page

[2-13] Eventseer.net, <http://eventseer.net/search/> (“Ontology”, “Semantic Web”, <会議名>などで Search)

[2-14] seweb-list (ML), <https://lists.sti2.at/mailman/listinfo/seweb-list>

[2-15] セマンティックウェブとオントロジ研究会, <http://sigsw.org/>

[2-16] 知能ソフトウェア工学研究会, <http://kbse.comp.ae.keio.ac.jp/kbse/>

[2-17] Web インテリジェンスとインタラクション研究会, <http://www.ieice.org/~wi2/>

[2-18] First Interdisciplinary Ontology Meeting (InterOntology08)

<http://abelard.flet.keio.ac.jp/ontology/index.php?InterOntology08>

3. オントロジーを実際に構築する

大阪大学の溝口と古崎の調査 [3-1] (調査対象: ESW Wiki SemanticWebTools[3-2], Ontology Tools Servey[3-3], SemWebCentral[3-4], SourceForge.net[3-5], 加えて Google 検索) によれば現在, RDF と OWL を取り扱うオントロジー構築ツールが約 150 ネット上に公開されている。

統合開発環境としては, 米スタンフォード大学による Protégé[3-6], IBM の IODT (IBM Integrated Ontology Development Toolkit[3-7]), WSMO (Web Service Modeling Ontology) を用いて Web サービスの記述を支援するための WSMO Studio[3-8], 商用のデータソース統合向けオントロジー構築ツールキット OntoStudio[3-9], 推論器 Pellet[3-10] を利用したオントロジーの矛盾検出機能を備える SWOOP[3-11], ヒューレットパッカード研究所の Java によるセマンティック Web アプリケーション開発フレームワーク Jena[3-12] などがあげられる。OWL の API プロジェクト [3-13] は, OWL Lite, OWL DL と OWL 1.1 で記述されたオントロジー上で推論や矛盾検出をするためのインタフェースを Java で開発するプロジェクトである。

注目すべき特徴を備えた国産のツールも開発者らによって公開されている。大阪大学産業科学研究所溝口研究室の古崎らによる統合開発環境「法造」[3-14] は, ロール理論に従ったオントロジー構築と分散開発を支援する各種機能を備え, 日本語の入門書なども出版されている。法造の技術サポートは (株) エネゲートが [3-15] で行っている。慶應義塾大学山口研究室の森田らによる DODDLE-OWL[3-16] は, EDR や WordNet など汎用オントロジーを利用したドメインオントロジーの半自動構築を支援するツールで, 法律, 医療事務などさまざまなドメインオントロジーの構築支援と, 構築されたオントロジーの実業務利用で実績がある。また, 国立情報学研究所武田研究室の小出による SWCLOS[3-17] は, Lisp で記述された世界初の OWL-Full 高速処理系である。参考までに前述の Pellet をはじめほかの推論器は OWL-Lite, OWL-DL までのサポートに留まっている。

既存の知識源を編集して利用する場合には, 本稿で紹介の各種プロジェクトのサイトごとにサンプルのオントロジーがいくつか公開されているほか, いわゆるライトウェイトオントロジーの研究で知識源として利用されることが多い WordNet と Wikipedia については, それぞれ, プリンストン大学の WordNet プロジェクト [3-18], ドイツの大学を中心に運営されているオープンコミュニティの DBpedia[3-19] のサイトに開発者向け情報などが公開されている。また, Web 上に公開されたオントロジーを Google のようなインタフェースで検索するエンジンとして Swoogle[3-20] がある。

[3-1] A List of Ontology Engineering Tools, <http://www.hozo.jp/OntoTools/>

[3-2] ESW Wiki SemanticWebTools, <http://esw.w3.org/topic/SemanticWebTools>

[3-3] Ontology Tools Servey, <http://www.xml.com/pub/a/2004/07/14/onto.html>

[3-4] SemWebCentral, <http://projects.semwebcentral.org/>

[3-5] SourceForge.net, <https://sourceforge.net/>

[3-6] Protégé, <http://protege.stanford.edu/>

[3-7] IBM IODT, <http://www.alphaworks.ibm.com/tech/semanticstk>

[3-8] WSMO Studio, <http://www.wsmostudio.org/index.html>

[3-9] OntoStudio, http://www.ontoprise.de/content/e1171/e1249/index_eng.html

[3-10] Pellet, <http://pellet.owldl.com/>

[3-11] SWOOP, <http://www.mindswap.org/2004/SWOOP/> 現在は <http://code.google.com/p/swoop/>

[3-12] JENA, <http://jena.sourceforge.net/>

[3-13] OWLAPI, <http://sourceforge.net/projects/owlapi>

[3-14] 法造, <http://www.hozo.jp/>

[3-15] (株) エネゲートオントロジー技術サポートサイト, <http://ontsupport.enegate.jp/ontology/>

[3-16] DODDLE-OWL, <http://doddle-owl.sourceforge.net/ja/>

[3-17] SWCLOS, <http://www-kasm.nii.ac.jp/~koide/SWCLOS2.htm>

[3-18] WordNet, <http://wordnet.princeton.edu/>

[3-19] DBpedia, <http://dbpedia.org/About>

[3-20] Swoogle, <http://swoogle.umbc.edu/>

4. オントロジー関連プロジェクトの動向

プロジェクトの動向については上述の武田による「わたしのブックマーク [1-1]」にていくつか紹介されているが, それらのうち現在も活動しているものと, 最近のプロジェクトのいくつかについて紹介する。

米国スタンフォード大学の Protégé プロジェクト [4-1] は引き続き活発に活動を続けている ([1-1] の紹介記事から

URL が変わっている)。本稿執筆時点で Protégé の登録ユーザ数は 91 192 人であり、2008 年 4 月 21 日に 3.4 β 版が公開されている。

Cyc プロジェクトで開発されたオントロジーの全体と推論エンジン、ブラウザ、開発向け API セットが、OpneCyc.org[4-2] で公開されており、現在も更新されている。本稿執筆時点での最新版 (OpenCyc 1.0.2) のリリースノートには、Cyc に収録の概念と WordNet の語彙を関連づけたとある。

DAML (DARPA Agent Markup Language) プロジェクトは 2006 年に終了し OWL へと発展したが、DAML Ontology Library [4-3] では、DAML または OWL で記述されたオントロジーを公開している。DAML プロジェクトの成果を用途ごとに分類した利用ガイドが [4-4] にまとめられている。また、DAML + OIL の開発に深く関わった Maryland 大学の SHOE (Simple HTML Ontology Extensions) プロジェクト [4-5] から発展したセマンティック WebMINDSWAP プロジェクト [4-6] は、DAML から OWL へのコンバータ [4-7]、前述の推論器 Pellet などさまざまなソフトを公開している。

欧州の企業と大学で IT 分野でのオントロジー活用をめざし、その一環として OIL (Ontology Inference Layer) を開発した On-To-Knowledge プロジェクト [4-8] は 2002 年に終了しているが、OntoWeb プロジェクト [4-9] (2001-2004)、さらに Knowledge Web プロジェクト [4-10] へと引き継がれて、現在も活動が続いている。

また近年、セマンティック Web の知識源として Wikipedia を利用する研究やプロジェクトが始まっており、国際会議などでも盛んに発表されている。DBpedia[4-11] は、Wikipedia から構造化された知識を抽出して問題解決に利用する試みである。

日本国内でも、実用を強く意識したオントロジー開発・利用プロジェクトが各分野で始まっている。バイオの分野では、産業技術総合研究所の生命情報工学研究センター (CBRC) [4-12] が、代謝などのシグナルを伝達するパスウェイに関する各種データベースをオントロジーによって統合するプロジェクト INOH[4-13] を運営している。また、日本語バイオポータルサイト [4-14] がバイオ分野のオントロジーとそのビューワを提供している。

医療分野では、東京大学病院の臨床医療オントロジー研究ユニット [4-15] が臨床医学オントロジーの構築を目指して 2005 年にスタートしている。また、東京医科歯科大学田中研究室 [4-16] の中谷らがゲノム・プロテオームなど網羅的分子情報 (Omics 情報) の臨床応用を目指し、臨床オントロジーと Omics オントロジーを統合した Clinical Omics Ontology の構築に着手している。

教育の分野では、大阪大学の林らが OMNIBUS プロジェクトにて教授理論のオントロジーと教育シナリオオーサリングツール Smarties を公開している [4-17]。ナノテクノロジーの分野では、東京大学の知識の構造化プラットフォームプロジェクトが、オントロジーを用いたナノ材料の発想・開発支援を目指して行われている [4-18]。

家電の分野では、情報家電基盤サービスフォーラム (SPIA) [4-19] が、ネットワーク家電の安全なリモート管理を目的として情報家電オントロジーを構築し、記述ガイドラインとともに公開している。

工学の分野では、大阪大学の来村らが機能概念のオントロジー構築とその設計、信頼性解析などのタスクへの応用に取り組むプロジェクト [4-20] を運営している。また著者も、オントロジーに基づくユーザモデル構築とその利用によるモバイルサービス改善に関する研究を進めている [4-21]。

環境問題に取り組むサステナビリティ学の分野でも研究拠点が形成され [4-22]、環境問題に関する諸概念を適切に俯瞰するためのツールとしてオントロジーが利用されている。また、慶應義塾大学の福井研究室では、人口・食糧問題など持続可能な社会を脅かす問題に対応すべくデジタルアースプロジェクトに取り組んでおり、その一環であるデジタルアジアプロジェクト [4-23] で、オントロジーを用いてニュース記事から地域情報を抽出するブラウザを開発している。

オントロジーに関連する事業としては、IT ベンチャー企業の (株) サイバーエッジ [4-24] がオントロジー生成用ソフトのオントロジジェネレータを販売しているほか、セミナーなども開催している。また、前項であげた (株) エネゲートのサイト [4-25] は、オントロジーエディタに関連する開発や利用者向けセミナーなどを開催している。CommonLisp のアプリケーション開発環境を提供している米国のフランツ社 [4-26] は Web サービス構築向けの開発支援も行っており、例えば Lisp 言語による高速な RDF 処理系として AllegroGraph を提供している [4-27]。

[4-1] Protégé, <http://protege.stanford.edu/>

[4-2] OpenCyc.org, <http://www.opencyc.org/>

[4-3] DAML Ontology Library, <http://www.daml.org/ontologies/>

[4-4] DAML Road map, <http://www.daml.org/roadmap.html>

[4-5] SHOE, <http://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE/>

[4-6] MINDSWAP, <http://www.mindswap.org/>

[4-7] DAML OWL Converter, <http://www.mindswap.org/~golbeck/code.shtml>

[4-8] On-To-Knowledge, <http://www.ontoknowledge.org/>

- [4-9] OntoWeb, <http://www.ontoweb.org/>
- [4-10] KnowledgeWeb, <http://knowledgeweb.semanticweb.org/>
- [4-11] DBpedia, <http://dbpedia.org/About>
- [4-12] CBRC, <http://www.cbrc.jp/>
- [4-13] INOH, <http://www.inoh.org:8083/inohblog/main/>
- [4-14] 日本語バイオポータル, <http://www.bioportal.jp/>
- [4-15] 臨床医療オントロジー研究ユニット, <http://www.m.u-tokyo.ac.jp/medinfo/ont/>
- [4-16] 東京医科歯科大学田中研究室, <http://bioinfo.tmd.ac.jp/>
- [4-17] Smarties, <http://edont.qee.jp/omnibus/doku.php>
- [4-18] 知識の構造化プラットフォーム, <http://mandala.t.u-tokyo.ac.jp/index.html>
- [4-19] 情報家電基盤サービスフォーラム, <http://net2.intap.or.jp/SPIA/>
- [4-20] 機能概念オントロジー, <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/topics/Focus>
- [4-21] モバイルサービス改善, <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/topics/Mobile>
- [4-22] サステイナビリティ学連携研究機構, <http://www.ir3s.u-tokyo.ac.jp/>
- [4-23] デジタルアジアプロジェクト, <http://g-web.sfc.keio.ac.jp/digitalasia.html>
- [4-24] (株) サイバーエッジ, <http://www.cyberedge.co.jp/>
- [4-25] (株) エネゲート, <http://ontsupport.enegate.jp/ontology/>
- [4-26] フランツ社日本法人, <http://jp.franz.com/>
- [4-27] AllegroGraph, <http://jp.franz.com/base/allegrograph.html>

5. オントロジーの研究拠点

2000 年以降, 各地でオントロジー研究の拠点が設立されている。欧州のオントロジー研究拠点 ECOR (The European Centre for Ontological Research) [5-1], 米国の NCOR (The National Center for Ontological Research) [5-2] に続いて, 日本でも慶應義塾大学を拠点とする JCOR (The Japanese Center for Ontological Research) [5-3] が設立された。哲学, 論理, AI, オントロジー工学, バイオ, 医学, 工学, 政治学, など, さまざまな学術分野をまたいだオントロジーに関する研究の推進を担い, 学際的な研究シンポジウムを開催している。

国内の大学では大阪大学の溝口研究室 [5-4], 慶應義塾大学の山口研究室 [5-5], 北陸先端科学技術大学院大学の池田研究室 [5-6], 国立情報学研究所の武田研究室 [5-7] などがオントロジー工学とセマンティック Web に関する研究拠点である。

- [5-1] ECOR, <http://www.ecor.uni-saarland.de/home.html>
- [5-2] NCOR, <http://ncor.us/>
- [5-3] JCOR, <http://abelard.flet.keio.ac.jp/ontology/>
- [5-4] 溝口研究室, <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/main/index.html>
- [5-5] 山口研究室, <http://www.yamaguti.comp.ae.keio.ac.jp/>
- [5-6] 池田研究室, <http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/ikeda/cgi-bin/wiki/wiki.cgi>
- [5-7] 武田研究室, <http://www-kasm.nii.ac.jp/index-j.html>

6. オントロジー関連ジャーナル

2005 年, IOS Press から, *Applied Ontology* が創刊された [6-1]。IOS Press での紹介記事にあるように, オントロジーの基礎理論, 哲学的考察から特定ドメイン応用, アプリケーションまで, オントロジーに関連するあらゆる論文を広く取り扱う。また, Elsevier から出版されている *Journal of Web Semantics* [6-2] や, Rinton Press から出版されている *Journal of Web Engineering* [6-3] も, オントロジーやセマンティック Web に関連する論文を掲載しているジャーナルである。

- [6-1] *Applied Ontology*, <http://www.applied-ontology.org/>
IOS Press での紹介記事, <http://www.iospress.nl/html/15705838.html>
- [6-2] *Journal of Web Semantics*, <http://www.websemanticsjournal.org/>
- [6-3] *Journal of Web Engineering*, <http://www.rintonpress.com/journals/jwe/>

謝 辞

本稿の執筆に当たっては, 大阪大学産業科学研究所の溝口理一郎教授, 來村徳信准教授, 古崎晃司助教, 林 雄介助教から非常に有益なコメントをいただいた。ここに記し, 感謝の意を表す。