

## MMM (Meta-Model Management) プロジェクトの構想

和泉 憲明<sup>†</sup> 福田 直樹<sup>‡</sup> 山口 高平<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 産業技術総合研究所 サイバーアシスト研究センター  
〒135-0064 東京都江東区青海 2-41-6

<sup>‡</sup> 静岡大学情報学部 〒432-8011 静岡県浜松市城北 3-5-1

E-mail: <sup>†</sup> niz@ni.aist.go.jp, <sup>‡</sup> {fukuta, yamaguti}@cs.inf.shizuoka.ac.jp

**あらまし** Tim Berners-Lee により提唱された セマンティック Web は、オントロジーが切り拓く次世代 Web として盛り上がりを見せ、今では、さまざまな研究開発分野のキーワードとして登場している。そして、セマンティック Web の定義や期待は、関連分野の技術発展とともに、今後も変化し続けると思われる。本稿では、MMM (Meta-Model Management) という観点から、知識工学の研究技術をセマンティック Web のコンセプトとして具現化させるプロジェクトについて、その構想などを紹介する。

**キーワード** セマンティック Web, メタモデル, 多粒度リポジトリ, オントロジー開発と利用

## MMM: Project Concept of Meta-Model Management

Noriaki IZUMI<sup>†</sup> Naoki FUKUTA<sup>‡</sup> and Takahira YAMAGUCHI<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Cyber Assist Research Center (CARC),  
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)  
2-41-6 Aomi Koto-ku Tokyo 135-0064 Japan

<sup>‡</sup> Department of Computer Science, Shizuoka University  
3-5-1 Johoku Hamamatsu Shizuoka 432-8011 Japan

E-mail: <sup>†</sup> niz@ni.aist.go.jp, <sup>‡</sup> {fukuta, yamaguti}@cs.inf.shizuoka.ac.jp

**Abstract** The Semantic Web, proposed by Tim Berners-Lee, has been paid much attention as the ontology-enabled Web tomorrow. Recently, various areas of research and technology is forming their further expectation with continuous development and the changing definitions. This report tries to figure the concept of ongoing project, which aims at promoting the knowledge-engineering technologies by regarding metamodel management paradigm as the Semantic Web viewpoint.

**Keyword** Semantic Web, Meta-Model, Multi-Grain-Size Repository, Development and Use of Ontologies

### 1. はじめに

インターネット網の急速な整備と、e-ビジネスの普及にともない、最近のセマンティック Web への期待は、単なる情報流通基盤からサービス流通基盤をも包含し、次世代の企業間連携やユーザ利用環境の確立が予感されるようになってきている。なかでも、次世代 Web に階層的な概念構造の導入を提唱した、米国国防総省 DARPA を中心とした DAML プログラムは、オントロジー記述の枠組みだけでなく、サービス記述の枠組み

などを検討しているが、具体的な発展のイメージは明確ではない。これに対して、Web サービスは、次世代 Web の動的側面を支える分散計算環境の基盤として、企業主導で急速に具現化されようとしている。現時点で Web サービスは、米国 MS(マイクロソフト)社の、NET(ドットネット)やIBM社を中心とする J2EE(JAVA 2 Enterprise Edition) 関連製品の共通仕様としての側面が強い。このため、企業間連携に直結するようなビジネスプロセスなどの記述概念に対して、知識工学技術

として確立されている領域固有のオントロジー構築技術などとの乖離が懸念されている。このため、セマンティック Web の思想的な枠組を、実現可能な枠組みとして推進させる具体的な概念は、いまだ明確化されていない[1].

一方、著者らは、領域オントロジーの構築支援環境 DODDLE(a Domain Ontology rapiD DeveLopment Environment)や、ビジネスアプリケーション構築支援環境 Lord Bader (Layer-Organized Repository Based Business Application Development EnviRonment)の研究開発を通して、オントロジー構築から利用を統合的に考えることの重要性を認識している[2]. そして、知識を循環させるというオントロジー構築の統合利用のコンセプトが、新たな内容指向の研究技術としてのセマンティック Web の発展につながるものとの認識にいたった。

そこで、本稿では、セマンティック Web を推進するコンセプトは、さまざまな Web コンテンツに付加させるべきメタ情報の管理である、との観点から、企業応用システム合成の基盤として整備した多粒度リポジトリを、領域固有のオントロジー構築技術により展開し、これを、RDF コンテンツに特化したセマンティック Web ツールとして帰結させる、というメタモデル管理のコンセプトを提案する。そして、このコンセプトから展開している MMM (Meta-Model Management) プロジェクトの概要を述べる。

## 2. メタモデル管理に基づくセマンティック Web と Web サービスの統合

本プロジェクトでは、セマンティック Web を推進する技術として、RDF のような十分に発展しているメタコンテンツ記述の枠組みを、企業活動モデルや企業間連携モデルを駆動源とした Web サービスの動的な連携を展開することにより、オントロジー構築研究の新たな展開を目指す。

ここでは、単に、企業モデルを RDFS に基づいて管理し、企業活動をソフトウェアとしてモデル化し、Web サービスの合成として実現するだけでは不十分であると考え。これに対して、我々は、オントロジー構築と同期した企業モデルの構築に関する試行錯誤と、試行錯誤を介したビジネスプロセス管理に基づく業務改革、ならびに、ビジネスモデルに基づくソフトウェアアプリケーション合成などを、RDFS コンテンツの利用の元に、統合的な解釈を与えることを目標とする。

以上のコンセプトの元に、本プロジェクトは、DODDLE[5], LoadBader[4], MR<sup>3</sup>[3]の3つのサブプロジェクトから構成される。

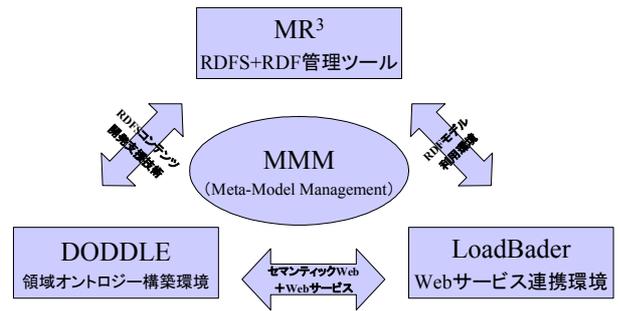


図 1. メタモデル管理プロジェクトの構想

## 3. メタモデル管理に基づく Web サービス連携

### 3.1. Webサービス連携のための多粒度リポジトリ

本プロジェクトでは、我々が従事した多粒度リポジトリのモデルである3階層意味モデルを、企業応用の Web サービス連携へ応用することにより、メタモデル管理のコンセプトの具現化を目指す。具体的には、EIS (企業情報システム), EAI(企業応用統合), B2B (企業間連携)の3つの枠組みをメタモデル管理というコンセプトの元、統一的なモデルの中で取り扱う。ここでは、ビジネスアプリケーションにおける「企業間連携概念、企業活動のプロセス概念、ソフトウェア概念」の3段階の展開プロセスを、コンテンツ間の関連として捉え、それぞれ、「企業間連携の抽象概念、企業活動概念、Web サービスとして提供される SOAP/XML のサービス概念」として対応付ける。これにより、多粒度の概念階層定義のライブラリ化をセマンティックし、ユーザ端末などから汎用的に利用するために各リポジトリコンテンツの連携機構の実現を目指す。

### 3.2. 多粒度リポジトリの設計

ビジネスニーズを駆動源としてWebサービス連携を達成するためには、次の3つの段階が必要である。

1. ビジネスニーズにおいて必要とされるビジネスタスクを明示化することにより、事業活動を明確化するエンタープライズのモデリング (B2Bレベル)
2. 業務内容を一連の処理の流れによって表し、詳細化することにより、Webサービスのプリミティブへマッピングするためのワークフローモデリング (EAIレベル)
3. Webサービスとして提供可能なアプリケーション構築のためのアプリケーションのモデリング

(EISレベル)

そこで、本研究では、各段階に対して、粗粒度リポジトリ、中粒度リポジトリ、細粒度リポジトリを開発することにより、アプリケーション構築を支援する。また、各リポジトリを利用するためのツールとして、それぞれ、エンタープライズモデルエディタ、ビジネスプロセスエディタ、コンポーネント連携パターンエディタを開発する。各ツールの入出力はXMLにより与えられ、そのためシームレスにデータを交換することが可能である。本支援環境の概要を図2に示す。

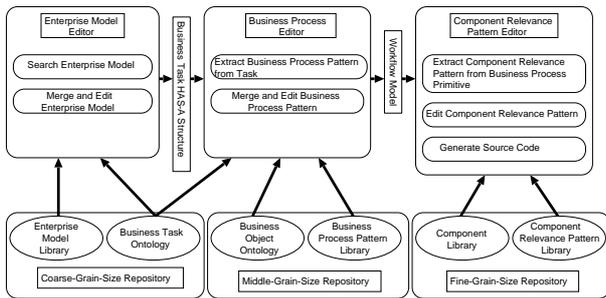


図2. 多粒度リポジトリの基本設計

### 3.3. 関連研究との比較

Web サービスとセマンティック Web の融合は、次世代 Web の究極の課題として、欧米で取り込まれつつあり、アムステルダム自由大学はデータベースをキーとして、MITではプランニング技術をキーとして融合を目指しているが、具体的な提案にはいたっていない。最近、MS社、IBM社、BEA社の3社によるビジネスプロセス記述とWebサービスの連携に関する共同提案(BPEL4WS)が提出されているが、「case」、「switch」、「wait」といったシステム制御的な側面が強く、次世代の動的な企業間連携の基盤確立には、企業間モデルとの関連確立が強く望まれている。

以上に対して本研究は、企業間連携モデルと次世代Webを統合するために、WebサービスとセマンティックWebを融合するという課題を達成するもので、欧米で先行している次世代Web研究に対して、Web上での動的企業間連携といった日本発の新たな試みを内外に先立って発信するものである。

## 4. 領域オントロジー構築支援環境に基づくメタモデル管理

### 4.1. 領域オントロジー構築支援環境DODDLE

領域オントロジー開発コストの軽減を目的として、“オントロジー学習”のキーワードの下、さまざまなオ

ントロジーの研究開発が成熟しつつある。しかし、実用レベルのオントロジーを考えると、領域オントロジーは、概念数の膨大さと概念の意味の専門性が高いことから、その構築はユーザに委ねる部分が多く、多大な開発コストを要している。

本プロジェクトでは、メタ情報コンテンツのライフサイクルを考え、これをメタモデル管理の下に位置づけ、概念階層に特化した構築支援環境 DODDLE(a Domain Ontology rapiD DeveLopmentEnvironment), 概念階層と概念定義の両方を構築支援する DODDLE-II の発展を推進する。

### 4.2. 領域オントロジー構築支援の概要

DODDLEでは、領域オントロジーを構築するために、電子化辞書(MRD)とテキストコーパスを用いて、領域オントロジーの構築を支援する。

MRDは多数の概念を対象とした概念階層構造を持っており、領域オントロジーの概念階層構造を構築するための基盤として利用可能である。しかし、MRDの概念階層構造と問題領域における概念階層構造には、対象領域の違いにより、種々の差異があると推定される。DODDLEでは3つの戦略を用いてこれの修正を支援する。

概念定義構築においては、概念定義を整理しているMRDが少ないことや、概念定義が対象領域に大きく依存することなどから、MRDの利用は困難であると思われる。そこで、対象領域に関するテキストコーパスを利用する。汎用的な情報しか持っていないMRDに比べ、テキストコーパスからは、より専門性の高い情報が得られると期待できる。

システムへの入力としてテキストコーパスと計算機可読型辞書 WordNet を用い、出力として領域オントロジーを獲得する。DODDLEは、1) 概念抽出モジュール、2) 概念階層構築獲得モジュール、3) 概念定義構築獲得モジュール、4) インタクションモジュールという、4つのモジュールから構成される(図3)。

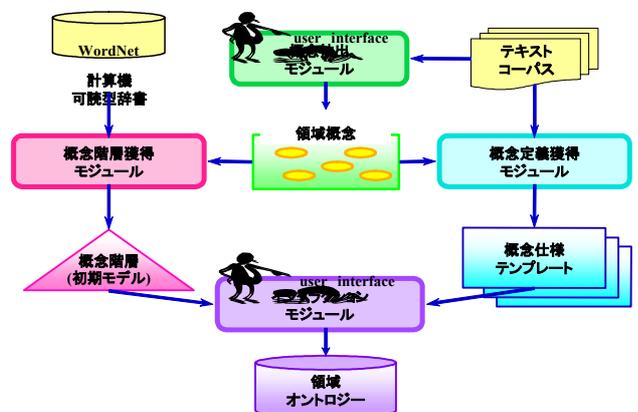


図3. オントロジー構築支援環境の構成

DODDLE を構成する 4 つの機能モジュールの概要は次のとおりである。

1. 概念抽出モジュール

テキストコーパスを入力し、形態素解析などを利用してそこから重要な領域概念を抽出し、出力とする。

2. 概念階層構築獲得モジュール

概念抽出モジュールで抽出された領域概念と MRD とを記号レベルで照合し、利用可能な部分木を抽出し、初期モデルを構築する。さらに、3 つの戦略を用いて、対象領域に特化した修正箇所候補を同定する。

3. 概念定義構築獲得モジュール

テキストコーパスから、共起性に基づく手法によって、概念定義関係があると思われる概念対を抽出し、概念仕様テンプレートを構築する。

4. インタラクションモジュール

概念階層の初期モデルと概念仕様テンプレートを統合した後、ユーザとのインタラクションを通して、領域オントロジーを完成させる。

4.3. メタモデル構築支援技術としての展開

本サブプロジェクトでは、共起性に基づく手法によるテキストコーパスからの概念関係抽出方法と、それを利用したオントロジーエディタを提案している。そして、法律分野におい

て実験し、その有用性を確認した。WordSpace と相関ルールを用いてテキストコーパスから抽出した概念仕様テンプレートは、再現率が 50% を越えたことから見て、共起性に基づく手法を活用する範囲では、十分に機能していると言える。

今後は、オントロジー構築をメタ情報コンテンツのライフサイクルの中に位置づけ、より実践的なドメインへの適用を目指して、セマンティック Web の技術として発展させる予定である。

5. メタモデル管理のための支援ツールの構築

5.1. RDFs コンテンツとメタモデル管理

セマンティック Web は、W3C によって標準化が行われている RDF(Resource Description Framework)及び RDF Schema(RDF Vocabulary Description Language)を基礎とした、次世代 Web として最も有望な候補である。

RDFs 文書の編集を支援するためのツールはいくつか提供されているが、それらの主な機能は、RDFs 文書を RDF データモデルに基づいて視覚的に表示することである。RDF と RDFS は意味的に異なる概念をあ

らわすが、同一のデータモデルで表現される。このため、既存ツールで RDF と RDFS が混在したコンテンツを扱う際には、両者が混在してしまうため、RDF と RDFS を区別することはユーザの負担となる。

このような課題に対して、本サブプロジェクトでは、RDF と RDFS の関係をモデルとオントロジーの関係としてとらえ、その関係の管理を支援するメタモデル管理ツールを提案する。同時に、Java 言語を用いて試作したツール:MR3(Meta-Model Management based on RDFs Revision Reflection)についての簡単な実験及びその評価と、今後の展開について述べる。

5.2. RDF のためのメタモデル管理

本サブプロジェクトにおけるメタモデルとは、モデル構成要素(RDF リソースのタイプ及び RDF プロパティ)を表現するモデルである。RDF リソースのタイプを表現するモデルは、RDFS クラスである。RDF プロパティを表現するモデルは、RDFS プロパティである。

RDF と RDFS はモデルとメタモデルの関係としてとらえ、ここでは、メタモデル管理として、RDF と RDFS を分離して両者の関係を(半)自動的に管理することを目指す。具体的には、メタモデルにおける RDFS クラス及び RDFS プロパティと、モデルにおける RDF リソースのタイプ及び RDF プロパティを適切に対応付ける。メタモデル管理の概念を用いることで、RDF と RDFS の間の区別を明確にでき、RDF と RDFS の間の一貫性を自動的に保持することが可能となる。

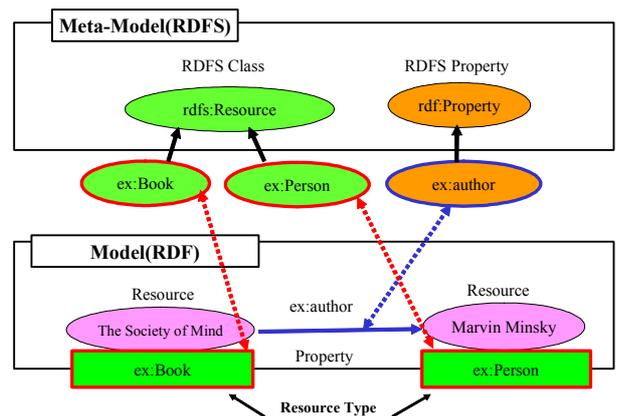


図 4. RDF コンテンツとメタモデル管理

図 4 は、RDF コンテンツのためのメタモデル管理の概念を示している。図 4 の RDFS クラス ex:Book と RDF リソース “The Society of Mind” のタイプは対応関係にあることを示している。RDFS クラス ex:Person と RDF リソース “Marvin Minsky” のタイプ、RDFS プロパティ ex:author と RDF プロパティ

ex:author も同様に、対応関係にあることを示している。本プロジェクトでは、これらの適切な対応づけに基づき、メタモデル管理支援ツールの実現を目指す。

### 5.3. メタモデル管理ツールの実装

前節で述べた設計に基づいて、プロトタイプツール MR<sup>3</sup>(Meta-Model Management based on RDFs Revision Reflection)を Java 言語で作成した。図5は、MR<sup>3</sup>のシステム構成を示している。

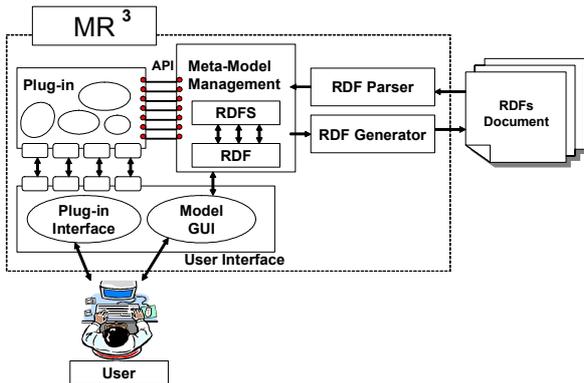


図5. MR<sup>3</sup>のシステム構成図

ユーザは、MR<sup>3</sup>のユーザインタフェースを介して、視覚的にRDFコンテンツの編集を行う。システムの入力と出力はRDFs文書である。MR<sup>3</sup>にRDFs文書を入力すると、RDFパーサがRDFs文書の解析を行い、RDFs文書をモデルとして操作可能にする。MR<sup>3</sup>は、RDFパーサの出力したモデルを内部データ表現に変換し、メタモデル管理を行う。プラグインは、MR<sup>3</sup>が提供するAPIを利用して構築される。MR<sup>3</sup>は、内部データ表現をRDFジェネレータの入力となるモデルに変換する。RDFジェネレータは受け取ったモデルをRDF文書に変換し、ファイル等に出力する。MR<sup>3</sup>では、図5のRDFパーサとRDFジェネレータを実装するために、HP Labsが提供しているJena Semantic Web Toolkit[7]tを利用している。RDFパーサの出力とRDFジェネレータの入力のモデルはJenaのModelインタフェースを用いている。

ユーザインタフェースには、Model GUIとPlug-in interfaceの2つがある。図5のModel GUIは、MR<sup>3</sup>が基本機能として提供しているユーザインタフェースである。Plug-in interfaceは、個々のプラグインが提供するインタフェースを示している。Model GUIは、RDFエディタ、クラスエディタ、プロパティエディタ、アトリビュートダイアログ、名前空間テーブルの、主に5つのウィンドウから構成される。RDFエディタで

は、RDFリソース、RDFプロパティ、RDFリテラルの間の関係を有向グラフで表現し、各要素の属性の編集を行うことができる。クラスエディタでは、RDFSクラス間のis-a関係を表現し、RDFSクラスの属性の編集を行うことができる。プロパティエディタでは、RDFSプロパティ間のis-a関係を表現し、RDFSプロパティの属性の編集を行うことができる。アトリビュートダイアログには、各要素の属性を表示し、編集することができる。名前空間テーブルでは、要素名の名前空間を指定した接頭辞で置き換えることができる。MR<sup>3</sup>では、RDFモデルを視覚的に表示するために、ユーザインタフェースモジュールとしてJGraph[6]を利用している。

### 5.4. 内容指向のセマンティックWebツールへの展開

MR<sup>3</sup>は、Plug-inによって機能の拡張を可能としている。現在MR<sup>3</sup>は、Plug-in作成のためのAPIとして、MR<sup>3</sup>のグラフをJenaのModelインタフェースに変換するAPIとJenaのModelインタフェースを引数にとり、MR<sup>3</sup>のグラフへ変換するためのAPIをいくつか提供している。今後は、RDFとRDFS間のより厳密な整合性管理を管理するために必要なAPIなど、多様なプラグイン作成を行うためのAPIを提供し、よりオープンな環境での開発を目指す予定である。

### 6. MMMプロジェクトの展開

現在、各サブプロジェクトでは、プロトタイプツールを構築しており、今後、これらの運用を通して、メタモデル管理に基づくセマンティックWebのコンセプトを進化させる予定である。各ツールのスクリーンショットを、図6に示す。

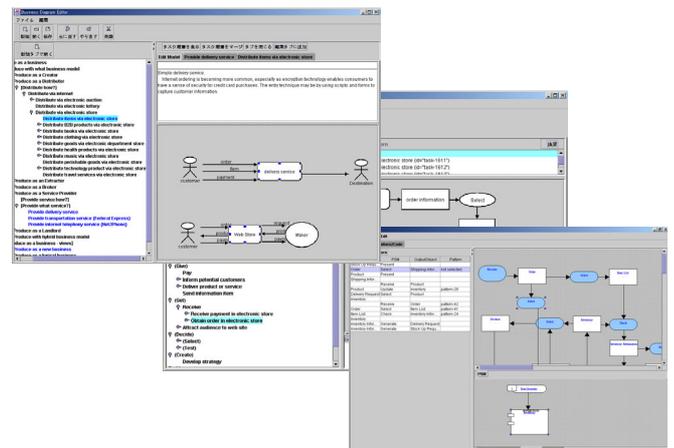


図6. LoadBaderの実装

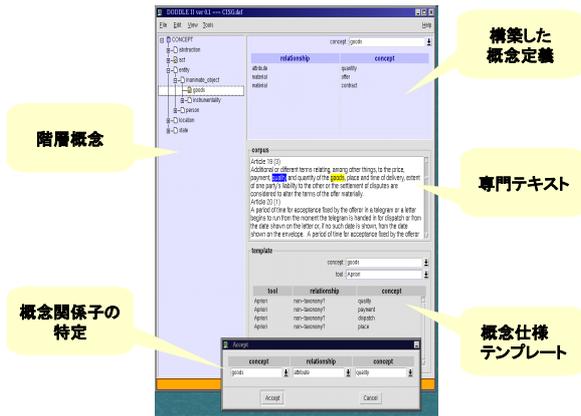


図 7. DODDLE の実装

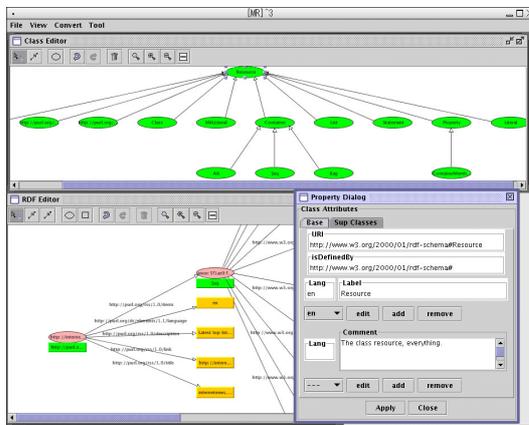


図 8. MR<sup>3</sup> の実装

## 文 献

- [1] 和泉憲明, 武田英明, 山口高平: “意味理解する Web を目指して—次世代 Web の方向性を探る—”, 人工知能学会誌, Vol.17, No.4, pp.384-391,(2002)
- [2] N.Izumi, T.Yamaguchi: “Integration of Heterogeneous Repositories Based on Ontologies for EC Applications Development”, International Journal of Electronic Commerce Research and Applications, vol.1, no.1, pp.77-91, (2002)
- [3] N.Izumi, T.Morita, N.Fukuta and T. Yamaguchi, RDF-based Meta-Model Management Environment, In Proc. of ISIR 2003, pages 87-88, 2003.
- [4] K.Terai, N.Sugiura, M.Sawai, N.Izumi and T.Yamaguchi.: ”Managing Business Models for Business Application Development”, PAKM 2002, LNAI 2569, pp.256-267, 2002
- [5] T.Yamaguchi: ”Constructing Domain Ontologies Based on Concept Drift Analysis”, IJCAI Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods: Lessons Learned and Future Trends, 13-1 - 13-7, August 1999.
- [6] G.Alder, JGraph, 2003, <http://jgraph.sourceforge.net/index.html>
- [7] HP Labs, Jena Semantic Web Toolkit, 2003, <http://www.hpl.hp.com/semweb/jena-top.html>
- [8] MMM Project Home Page: <http://panda.cs.inf.shizuoka.ac.jp/mmm/>

## 7. おわりに

本稿では、セマンティック Web を推進するコンセプトとしてメタモデル管理に基づくフレームワークを提案し、このコンセプトから展開している MMM (Meta-Model Management) プロジェクトの概要を述べた。本プロジェクトでは、さまざまな Web コンテンツに付加させるべきメタ情報の管理が重要である、との観点から、企業応用システム合成の基盤として整備した多粒度リポジトリを、領域固有のオントロジー構築技術により展開し、これを、RDF コンテンツに特化したセマンティック Web ツールとして帰結させる、という構想へと展開した。プロジェクトの成果と進捗状況は、本プロジェクトのホームページ[8]で随時公開する予定である。

今後は、セマンティック Web について、Web サービスの合成技術だけでなく、ビジネスモデリング技術などとの連携について、さらに、内容を掘り下げて議論したい。