

特集論文 「実践 AI システム」

オントロジー工学に基づく技術知識統合管理システムの発展とビジネス展開

Evolution and Commercial Deployment of Integrated Technical Knowledge Management System Based on Ontology Engineering

高藤 淳
Sunao Takafuji

株式会社 MetaMoJi
MetaMoJi Corporation
sunao.takafuji@metamoji.com

來村 徳信
Yoshinobu Kitamura

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

溝口 理一郎
Riichiro Mizoguchi

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

keywords: ontology, functional modeling, process integration modeling, knowledge management, business deployment

Summary

In this paper, we describe the evolution of OntoGear, which has ever been discussed in the previous research, and newly developed software tools. OntoGear is an engineering knowledge management software platform based on ontology engineering, and its previous system has provided the most basic functionalities based on systematization framework of functional knowledge; i.e. describing a function decomposition tree, and building way knowledge base to share and reuse organized and generalized functional knowledge. Compared to the previous one, our new system realized the functionality of *physical process integration model* (hereafter *ppim*) that allows engineers to describe whole processes of any artifacts in the form of function decomposition trees in their product lifecycle. New OntoGear system is appended two client tools and a server—a modeling tool for *ppim*, a viewer for *ppim* and OntoGear server. Furthermore, we introduce an application using the system for design support of application system of SOFC (Solid Oxide Fuel Cell), which is a kind of fuel cell and expected for its quick realization. The application contributes to clarify whole functional structures and the relationships among them through SOFC system's lifecycle. Since one of the tools of OntoGear software environment has presently released as a software product, which is named *OntoloGear SE (Standard Edition)*, by MetaMoJi Corporation, we briefly report the productization status.

1. はじめに

近年のものづくりは、異なる分野・企業の融合型ものづくりや、国を横断する分散型ものづくりへとシフトしている。例えば、自動車産業では、従来の自動車製造技術に加えて、電池技術、モーター技術、情報技術との技術融合が進展し、自動車メーカー、電機メーカー、ソフトウェア企業が連携している。また、グローバル化により海外生産拠点への移転が進み、垂直或いは水平分業が普遍的に行われている他、国際競争力強化のための M&A も活発である [経産省 10]。

このようなものづくり環境下では、技術的にも文化的にも異なる開発者同士で、相互の技術内容の効率的な理解や迅速な技術移転が必要となる。また、多様な視点のステークホルダー間で、早期に的確な相互理解を確立することも重要である。

設計情報の共有については、デジタル化が進み、デジタルモックアップなどによる製品イメージの共有も行われている。しかし、設計意図 [Lee 97] を含む技術知識については、背景が異なる関係者間で、恣意的・属人的な言語情報を媒介として、知識を共有し活用することは困難である。一貫した視点で技術知識を外在化 (以下、外化) し、諸分野の知識を包括することで、相互理解を促す知識活用を可能とする ICT による技術支援が重要となる。

筆者らは、このような ICT 支援を実現するシステムとして OntoGear を開発してきた。OntoGear は、人工物の機能を中心とする知識 (以下、機能的知識) を外化・組織化するためのソフトウェアを中核に、技術知識を統合的に管理し活用するためのソフトウェア環境である。そして、基本システムの開発以後、機能オントロジー研究の進展に同期しつつ進化を続け、ビジネス展開のとば口に至っている。

OntoGear に関わる先行研究 [高藤 08] では、基礎となるソフトウェアツールとして機能的知識外化ツールと方式知識編集ツールを開発した。これらは、いずれもクライアント・アプリケーションであり、機能分解木や方式知識などの知識コンテンツをローカルなレベルで相互に活用できるものであった。しかし、既存の OntoGear には、サーバー上で知識コンテンツを共有し活用することができない、前述の分散型ものづくりに寄与する機能性が十分ではない、などの課題が残されていた。

そこで、後続研究においては OntoGear にサーバー系のシステムを追加するとともに、後述の物理プロセス統合モデル [小路 06] (以下、統合モデル) の導入を図った他、統合モデルを中核とした分散協調的なコミュニケーションを支援する機構の導入により、分散型ものづくりに関する機能性を高めてきた。

本稿では、OntoGear の設計思想やフレームワーク、基礎となるソフトウェアツールについて述べた先行研究 [高藤 08] に対して、その後のシステムの発展と応用、そして製品化の現状について報告する。次章において OntoGear の概要とシステムの拡張について述べ、第 3 章では、前記拡張によって実現可能となる応用例として、燃料電池の一種である固体酸化燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell; 以下、SOFC) の設計支援への応用について述べる。第 4 章では、関連手法および実用システムとの相違について議論し、第 5 章で、製品化の現状を踏まえてまとめを述べる。

2. OntoGear の概要

OntoGear は、「人工物の機能的知識体系化の枠組み」 [来村 02a, 来村 02b] を基礎としている。本基礎の上に、企業内の実用システムにおいて重要と考えられる (1) 機能モデリングの支援性、(2) 目的に応じたシステムの拡張性、(3) 他システムとの連携性、の三つの要件を加味して、複数のソフトウェアで構成されるソフトウェア環境となっている。

先行研究では、このソフトウェア環境の中心となるツールとして機能的知識外化ツールと方式知識編集ツールを開発した。前者は、機能分解木を記述するためのツールであり、後者は、ある機能を達成する方式を一般化して組織化し、共有・再利用するためのツールである。本研究では、前記ツールに加えて、統合モデルに基づく機能モデリングのためのクライアントツールと、サーバー系のシステムを試作した。

本章では、これらのシステムの理論的基盤に関して、前稿と重なる基本的な理論概要等については、最低限必要な内容の概説にとどめ、新規のシステム拡張に関わる基礎理論の概要と新システムの構築を中心に述べる。

2.1 物理プロセス統合モデル

筆者らの機能モデリングは、デバイス中心の視点で人工物の機能構造を全体から部分へと機能分解 [Pahl 88] することで実現される (図 1)。記述の様式が木構造であるため機能分解木と称する。機能分解木では、何を達成するかを表す「機能」と、その機能を如何に達成するかを表す「方式」が交互に記述される。機能や方式には、付随する情報を記録することが可能であり、例えば、ある方式の採用理由や重要度などが記載される。

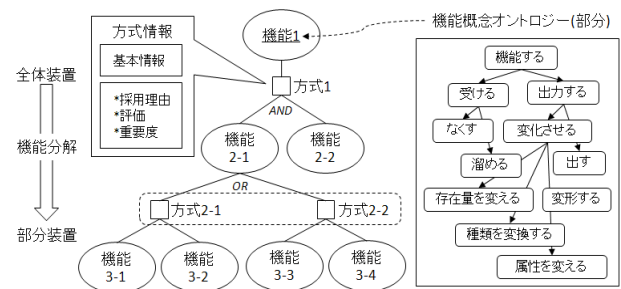


図 1 機能分解木の模式図

「機能」の表現には、機能の本質的な概念を体系化した機能概念オントロジー (図 1 右部) に基づく統制された語彙 (標準語彙) を用い、100 語程度の語彙で任意の機能を表現することができる。また、機能と方式の分離によって方式知識としての体系化が可能となることから、機能的知識の共有・再利用に貢献する。

一般に、機能分解木は、人工物がシステム機能を発揮している状態を対象にして記述される。しかし、システム機能の発揮に制限される訳ではなく、例えば、不具合を「望ましくない」機能の発揮と捉えることで、機能分解木の形式で記述することができる。これによって、機能と不具合の統合的なモデリングが可能となる [小路 07]。

さらに、人工物のライフサイクル全般を考えると、人工物自身の製造過程、稼働前の準備作業、保守、リサイクルなど様々なプロセス^{*1}が存在する。これら各種プロセスについても、機能発揮時と同様に、機能分解木として記述することができる。統合モデルは、人工物のライフサイクルに含まれる任意のプロセスを統合的に機能分解木で記述するモデルである。

ここで、ライフサイクルに属する機能分解木群を包括的に記述する際、システム機能発揮時の時間軸とは異なる時間軸が存在することに留意する必要がある。

ある人工物が機能を発揮している時の時間軸は、対象物を変化させる時間軸である。一方、それとは別に、人工物自体を変化させる時間軸が存在する。例えば、装置の製造過程では、構造的に別個の部品群が、一つの全体機

*1 本稿で言うプロセスは、装置の生産工程のみを指すのではなく、保守のため装置を分解して点検する作業や、不具合の発生過程など、装置に関する一連の操作・変化系列を含む広い捉え方をしている。

能を発揮する全体物へと統合される。使用過程では、様々な要因、例えば部品の劣化や結合部の緩みなどによって、最終的には機能停止に至る変化が進行している。本稿では、これら二つの時間軸に対して、前者を機能発揮時間軸、後者を装置変化時間軸と呼ぶことにする。

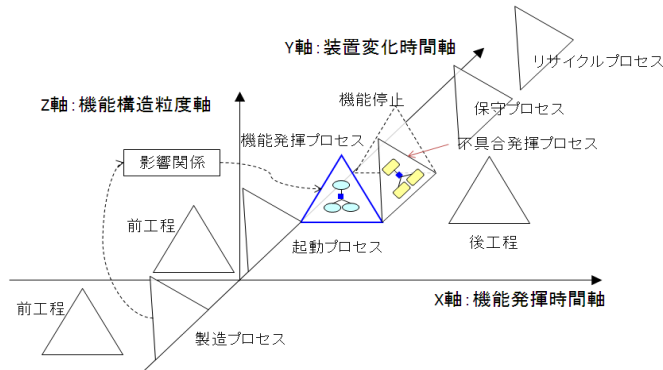


図2 統合モデルの模式図

統合モデルの模式図を図2に示す。統合モデルでは、機能構造の階層(図1の機能分解木の上下方向)を表す機能構造粒度軸(図2中、Z軸)、機能発揮時間軸(図2中、X軸)、装置変化時間軸(図2中、Y軸)の三つの軸に適切に布置させるように各機能分解木(図2中、各三角形部)を記述する。

ここでY軸は、より本質的には、機能分解木によって表される機能構造の本質的な変化を表すものであり、根本的に構造が異なる機能分解木は、別々の木として記述され、Y軸上の異なる点に配置される。例えば、装置が使用後に全く別の用途に(即ち、他の機能を発揮するように)転用させる場合や、後述の動作モード(の一部。根本的に構造が異なるものは、各々異なる木として異なるY軸上の位置に記述される。

また、X軸とY軸の2つの時間軸への配置は、実際のプロセスの1つの時間軸上の時間区間を、それが何を变化させるかということに着目して複数の時間区間に切り分けて、2つの軸の上に配置する(対応づける)ものと捉えられる。つまり、本枠組みでは、Y軸上の時間点をある一点に固定することで、機能構造を一意に定めて、その機能の発揮による対象物の変化をX軸上で捉えることを提案していると言え、また、そのようなことができる対象に記述対象を限定しているとも言える。

以上のことから、統合モデルによって、同一の装置に関する機能構造の相違および対象物の変化を、体系的に捉えることが可能となる。即ち、人工物の製造から破棄或いはリサイクルに至るライフサイクルを一貫した視点で俯瞰的に把握することが可能となると言える。また、あるプロセスが別のプロセスに及ぼす影響など、プロセス相互の関係性も明確になるため、異なる技術分野・業務分野・企業間などでの大域的な機能的知識の相互理解に貢献する。

2.2 分散協調クロスコラボレーションモデル

複合的な全体装置は、異なる企業や部署で設計・製造された部分装置を統合して作られることが一般的である。このような場合、必然的に地理的に離れた場所で設計や製造が行われ、遠隔会議で設計レビューなどの協働作業が実施されることも多い。すなわち、分散協調コラボレーションの場が形成され、そのための支援環境が必要となる。

分散協調設計に関しては、エージェント技術を利用した設計支援の手法[石井 98, 藤田 02]なども提案されているが、それらは主に設計者の設計行為の支援が中心であり、設計者以外の任意の関係者を含めた協働作業に着目したものは少ない。

統合モデルは、人工物のライフサイクルに関する俯瞰的視野を提供することから、設計者に限らず広い参加者の協働作業を支援できる可能性がある。但し、統合モデル自体は協働作業の手段を提供するものではないため、統合モデルで記述された機能分解木群を媒体として、同質の作業(例えば、設計者)と異質の関係者(例えば、企画、経営層など)が、交差的に連携しつつコラボレーションを行う協働作業モデル(図3;分散協調クロスコラボレーションモデル)を重ね合わせることで、前述の協働作業が実現できるものと考えられる。

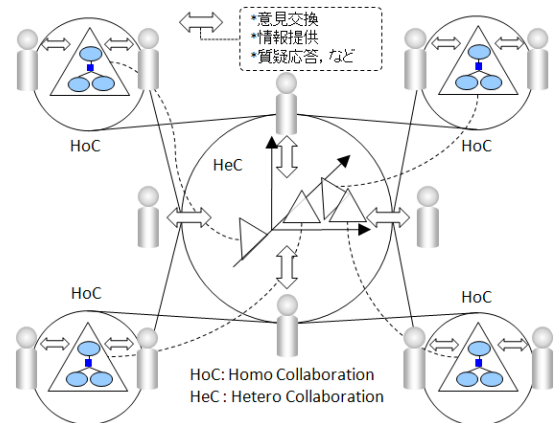


図3 分散協調クロスコラボレーションモデル

本モデルは、同質の参加者間の分散協調作業と、異質の参加者間の分散協調作業の組み合わせで構成される。本稿では、前者をホモコラボレーション(図3中、HoC)、後者をヘテロコラボレーション(図3中、HeC)と称する。

ホモコラボレーションは、複数の設計者が同一の装置を協働的に設計・製造する場合などが相当する。この時、参加者は、同一の機能分解木を部分的に分担して編集する。

また、ヘテロコラボレーションは、異なる分野の設計者や製造担当者、さらには経営層などお互いに異質の参加者が、統合モデルに基づいて構築された機能分解木群を通して、意見の表明や情報の交換を行い、問題点や改善施策について検討する場合が相当する。

ホモコラボレーションとヘテロコラボレーションは、交

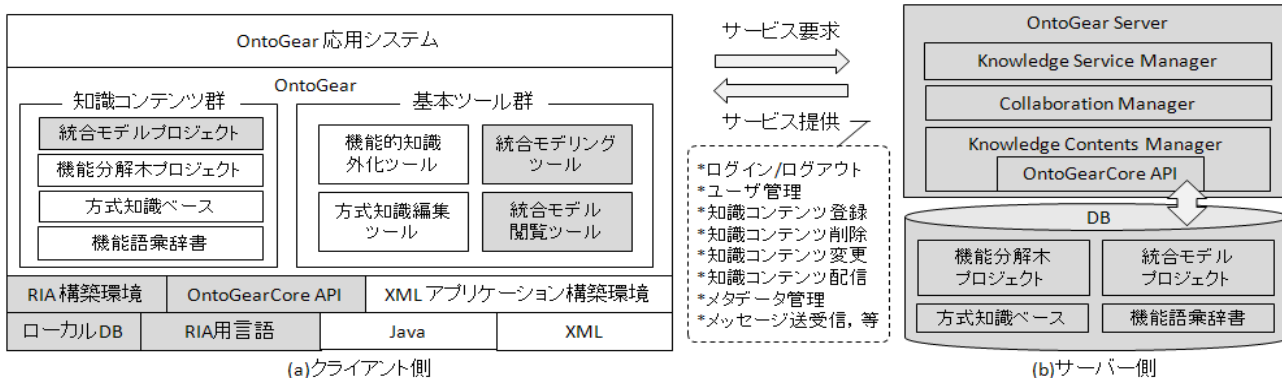


図 4 システムアーキテクチャ

差的に機能する．ホモコラボレーションの結果がヘテロコラボレーションに反映され，また，ヘテロコラボレーションで生じた有意な意見がホモコラボレーションにフィードバックされる．本研究では，後述する統合モデル閲覧ツールにおいてヘテロコラボレーションを支援する基本的な仕組みを実装した．

2.3 技術知識統合管理システムの構築

§1 システムアーキテクチャ

本システムのアーキテクチャを図 4 に示す．図中，グレーの部分が，本研究によって新たに拡張された箇所を表す．本システム全体のアーキテクチャは，大きくクライアント側とサーバー側に分かれる．

まず，クライアント側の構成は，最下層から上層に向かって，汎用的な基盤技術層，本システム固有の基盤技術またはミドルウェア層，アプリケーション層，応用システム層となっている．

OntoGear は，アプリケーション層において，基本ツール群と知識コンテンツ群から構成される．基本ツール群は，機能的知識外化ツール，方式知識編集ツール，統合モデリングツール，統合モデル閲覧ツールの 4 つである．知識コンテンツ群については，基本的にサーバーでの管理対象であるためサーバーの説明で詳述する．

応用システム層は，OntoGear を基礎として，特定の目的や用途に適合するように，任意のカスタマイズを行ったシステムが位置する層である．例えば，後述する固体酸化燃料電池の設計支援用に化学式の表示や材料 DB との接続機能を付加したシステムなどが相当する．

クライアント側 (図 4(a)) の主要な拡張は，統合モデルへの対応である．統合モデルに基づく機能分解木群の編集を行うツールとして統合モデリングツールを設け，統合モデリングの結果を 3D 形式で閲覧するためのツールとして統合モデル閲覧ツールを設けた．統合モデリングの結果は，プロジェクトの単位 (以下，統合モデルプロジェクト) で管理される．両ツールは，利用者や用途が異なるため，各利用目的への適合性の観点から個別のソフトウェアとして構成している．

クライアント側の特徴として，RIA (Rich Internet Ap-

plication) 構築環境の採用がある．先行研究における OntoGear では，拡張性や連携性を重視したが，本研究では，3D 形式でのインタラクティブな GUI による閲覧性とネットワーク利用性を重視した．統合モデル閲覧ツールは，これらを満たす RIA により構築されている．

一方，サーバー側 (図 4(b)) は，基本的な Web システムを基底として，(a)OntoGear クライアントへのサービス機構 (図 4(b) 中，Knowledge Service Manager)，(b) 知識コンテンツの管理機構 (図 4(b) 中，Knowledge Contents Manager)，(c) 分散協調コラボレーション支援機構 (図 4(b) 中，Collaboration Manager)，などをサブシステムとして包含する．なお，分散協調コラボレーション支援機構は，2.2 節で述べたクロス分散協調コラボレーションモデルの中で，ヘテロな協働作業を支援するものである．

OntoGear Server は，クライアント側からのサービス要求に応じて，サービス提供を行う．サービスは，一般的なユーザ管理に加えて，知識コンテンツの管理やユーザ間のコミュニケーションに関するものなどがある．

OntoGear で作成し管理する知識コンテンツには，以下のものがある．

- 機能分解木プロジェクト：機能分解木データ，メタデータ，付与された関連情報などをまとめたもの
- 統合モデルプロジェクト：機能分解木プロジェクトのデータに，統合モデルの情報を付与したもの
- 方式知識ベース：汎用的な複数の方式知識を集約した知識ベース
- 機能語彙辞書：機能を記述する際に語彙選択の支援を行うための辞書

知識コンテンツ群は，基本的にサーバー側で管理し，必要に応じてクライアント側に配信を行うが，ネットワークに接続していない場合や，正式の登録前の編集作業などオフラインでの操作を考慮して，双方に配置可能な構成となっている．

知識コンテンツ群へのアクセスは，汎用的なミドルウェア・ライブラリとして構成した OntoGearCore API によって行う．同 API は，オンライン・オフライン両使用の対応のためクライアント，サーバーの双方に組み込まれている．また，作成した知識コンテンツを利用する任意の応用アプリケーションを構築する際にも活用できる．

§2 統合モデリングツールの実装

機能的知識外化ツールは、XML形式で記述された個々の情報内容を統合する機構を有しているため、柔軟な拡張が可能である。この情報内容中心の拡張性を活かして、統合モデル用のXMLスキーマ(以下、統合モデルスキーマ)を導入することにより、統合モデリングツールを実現した。

統合モデルスキーマの設計においては、二つの時間軸に関する情報および異なるプロセス間の関係情報の表現に留意した。まず、時間軸情報に関しては、以下の観点が存在する。

- (a) 定性的相対時間と定量的相対時間の混在
- (b) 同種プロセス集合の時間表現
- (c) 動作モードの時間表現

上記(a)について、定性的相対時間とは、装置稼働の前後での準備や後処理など、あるプロセスを基点にしてそれ以前または以後の任意の時点で、別のプロセスが相対的に位置する時間を意味する。また、定量的相対時間は、装置を1,000時間稼働した後保守点検を行うなど、基点となるプロセスに対して確定的な時区間を隔てて、別のプロセスが位置する時間を意味する。統合モデルスキーマでは、定性的相対時間に対してはプロセス間の順序関係を、定量的相対時間についてはプロセス間の具体的な時区間を定義する要素を設けた。

(b)に関する典型的な例としては、装置稼働に付随する複数の不具合プロセスがあげられる。どの不具合が発生するかは状況に依存し、また発生時点も特定できないケースである。三次元の視覚化の際、全ての関連プロセスを同時に表示することは、時間関係を曖昧にするとともに視認性も低下する。従って、統合モデルスキーマにプロセス集合の要素を設けて一つの時間要素をアサインし、グループ管理を行う方法を採用した。

(c)の動作モードとは、エアコンの暖房/冷房/送風モードなど、ある時点において排他的な機能発揮の動作区分を意味する。動作モードについては、各々の機能発揮時点が異なるため、異なるプロセスとして定性的相対時間または定量的相対時間の指定により、表現することが可能である。

また、各プロセスは相互に関係を有する場合がある。例えば、製造時の工作精度が稼働時の動作の信頼性に影響したり、製造不良により不具合を発生させたりする等の場合である。このような関係には、主に次の種別がある。

- 因果関係：あるプロセスが別のプロセスの原因となる関係；例。製造不良の結果、稼働が停止する等
- 制約関係：あるプロセスが別のプロセスを制約する関係；例。材料の特性が稼働時の性能を制約する等
- 防止関係：あるプロセスが別のプロセスを防止する関係；例。冷却が熱の生成を防止する等
- 影響関係：上記以外で、あるプロセスが別のプロセスに任意の影響を及ぼす関係

以上の考察に基づいて、機能発揮時間軸、装置変化時間軸の二つの時間軸と、異なる機能分解木間の関係性を各々XMLポキャブラリとして表現し、OntoGearのXML統合機構により各ポキャブラリを統合する形式で、統合モデルの内部データを構成した(図5)。

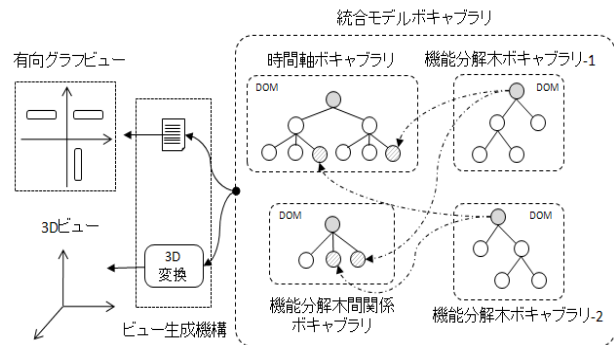


図5 統合モデルのXMLポキャブラリ結合

統合モデリングツールは、統合モデル用のデータを全て保持するが、基本的に各機能分解木の記述が主体であるため、統合モデルのグラフィカルな表現に関しては、機能構造粒度軸の上方から二次元で配置の状況を確認する機能を実装するにとどめている(図5左上、有向グラフビュー)。

§3 統合モデル閲覧ツールの実装

統合モデル用データは、一旦、統合モデリングツールから統合モデルプロジェクトとしてエクスポートされる。統合モデルプロジェクトはOntoGear Serverにアップロードされ、サーバー上のDBに格納される。統合モデル閲覧ツールは、OntoGear Serverに接続することで統合モデルプロジェクトのデータをダウンロードし、内部で対象座標系に基づく3Dモデルを形成した後、統合モデル内の機能分解木群を3D形式で表示する。

統合モデル閲覧ツールは、Adobe社のRIA開発・実行環境であるFlex/AIRを用いて、AIRアプリケーションとして実装した。3D形式の表示には、ActionScriptの3DライブラリであるPapervision3Dを用いた。また、Flex/AIRは、ローカルDBであるSQLiteを標準的に備えているため、SQLiteに統合モデルプロジェクトを格納することで、オフラインでの閲覧も可能とした。

統合モデル3D空間のナビゲーション機能としては、各軸方向への移動、軸を中心とする回転移動、指定した機能分解木への移動、特定ノードの検索と移動、プロセス集合として重なり表現となっている機能分解木の切り替え、などが用意されている。

§4 サーバースステムの実装

OntoGear Serverの実装は、特定のプラットフォームに依存しないが、本研究では下記のソフトウェア構成により実装を行った。

- Tomcat 5.5: Webサーバー / Servletコンテナ

- Blaze DS: AIR の通信モジュール
- DB2 Express-C: 知識コンテンツ用 XML-DB
- OntoGearCore API: 知識コンテンツアクセス API

Apache Software Foundation の Tomcat を用いて、基本的な Web サーバーの機能を実現した．統合モデルプロジェクトのデータ送受信は、AIR クライアントとの通信となるため、Blaze DS パッケージを組み込んで実現した．

統合モデルプロジェクトを含む総合的な知識コンテンツの管理には、IBM 社の XML-DB である DB2 Express-C を用いた．OntoGearCore API は、Java 言語および ActionScript 言語で実装されている．

3. SOFC 応用システム設計支援への応用

昨今、低炭素化社会を実現するための中核技術の一つとして燃料電池が注目されている．特に、SOFC は、その高い発電効率や材料の取り扱い容易性などの利点を有することから早期の実用化が期待され [水崎 09]、各種の実証実験が進んでいる [NEDO 10] ．

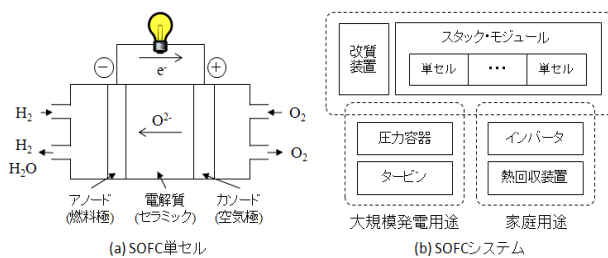


図 6 SOFC 概念図

SOFC の単セルは、アノードとカソードの二つの電極が電解質を挟むシンプルな構造をしており (図 6(a))、電解質内の酸素イオンの移動が発電の原理となっている．中核となる電極と電解質については、各々の材料物性および材料構成によって電池の性能や信頼性が決定されるため、重要な研究課題であり [Yashiro 07]、膨大なデータが蓄積されている．

一方、SOFC の応用システム (以下、SOFC システム) では、所定の発電量を得るため単セルを複数集積したセルスタックの他に、燃料の改質や供給機構などの部分装置が必要となる．さらに、目的に応じて、例えば、大規模発電用途では圧力容器やタービン等、家庭用途ではインバータや熱回収装置等が必要となる (図 6(b)) ．

また、SOFC システムのライフサイクルには、単セルやセルスタックの製造から、発電プロセス、セルの劣化など様々なプロセスを包含する．

以上のように SOFC システムは、複合的な要件を内包するため、用途に応じて適切な材料の構成を選択し、プロダクトライフサイクルを踏まえてシステム全体の設計を整合的に行うことは難しい．材料の特性を的確に把握しつつ、包括的なシステム設計を行う必要がある．

このような場合、統合モデルのような包括的機能モデリングの手法が有効と考えられる．そこで、SOFC の材料データベースを整備するとともに、統合モデリング用に拡張された OntoGear を用いて SOFC システムの設計支援への適用を試みた．

3.1 SOFC 材料データベースの構築

SOFC システムの設計時には、SOFC の材料の選定が前提条件となるため、まず、SOFC 材料情報データベース (以下、SOFC 材料 DB) を構築した*2 ．

SOFC に限らず、材料分野では、各材料の安全性や信頼性を分野横断的に評価するため、相互運用性を踏まえた標準化が進んでいる．そのような材料情報記述の標準化の一つとして、NIST (National Institute of Standards and Technology) が策定した MatML (Materials property data Markup Language)*3 があり、本研究においても、SOFC 材料情報の相互運用性を考慮して MatML を採用した．

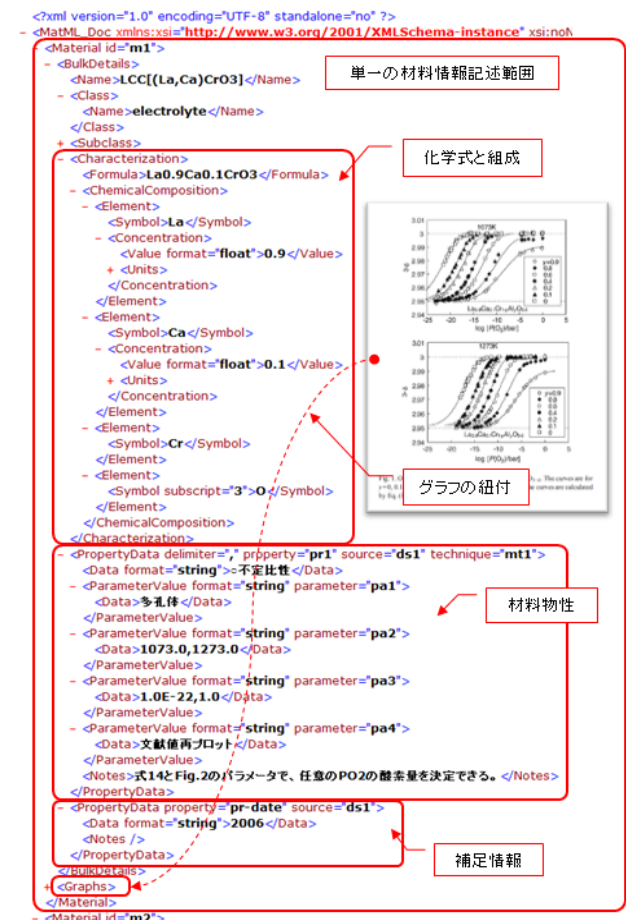


図 7 MatML による SOFC 材料情報記述例 (部分)

図 7 は、MatML による SOFC の電解質に関する材料情報記述の例 (部分) である．材料情報の化学式と組成、

*2 本研究では、大規模な SOFC 材料 DB の構築は目的とせず、(拡張可能であるが) 検証に十分な規模の容量とした．

*3 <http://www.matml.org>

材料物性などが記載されており、グラフ等の紐付けも可能なことが示されている。

本研究における SOFC 材料 DB の構築は、筆者らが作業に必要なツールを提供し、専門の研究者らが下記の手順で実施した。

- (1) 論文から原材料情報を抽出
- (2) 原材料情報を MatML 形式に変換
- (3) 編集ツールによる MatML 形式材料データの確認と修正
- (4) MatML 形式材料データの確定と出力

また、SOFC の材料構成は、その組み合わせに親和性或いは非親和性があり、用途との強い関連性を有するが、MatML は個別の材料についての記述枠組みであり、構成に関する記述領域を持たない。そのため、本研究では、材料構成情報をメタ情報の位置付けと捉え、メタデータ記述 XML 言語である RDF^{*4}を用いて、MatML とは別に記述する枠組みを設けた。

3.2 SOFC セルの機能モデリングと材料情報 DB の連携

SOFC システム全体の統合モデリングの前段階として、基本となる SOFC セルの稼働時の機能モデリングについて述べる。本機能モデリングでは、3.1 節で述べた SOFC 材料 DB の情報を参照しつつモデリングを行う点に特徴がある。汎用目的の OntoGear は、SOFC 材料 DB への接続機能は持っていないため、同 DB にアクセスできるように OntoGear を拡張した (以下、OntoGear4SOFC)。さらに、化学式を適切に表示するための機能拡張も追加している。

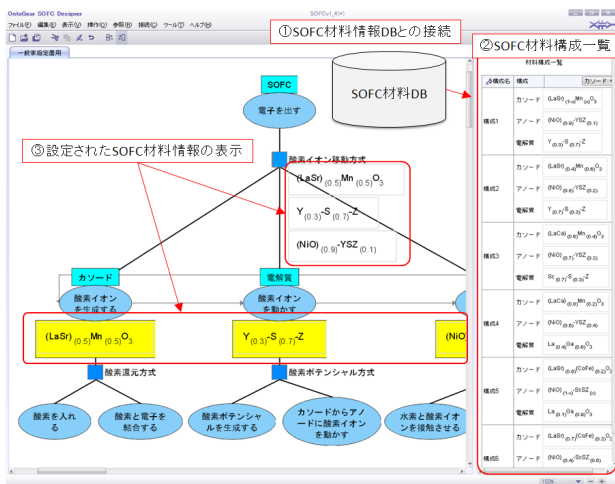


図 8 機能モデリングと SOFC 材料 DB の連携

OntoGear4SOFC (図 8) を用いて、SOFC 材料 DB と連携しながら機能分解木を記述するためには、まず、接続対象の DB を指定する (図 8 ①)。これにより任意の SOFC 材料 DB が利用可能となり、OntoGear4SOFC の右端の

領域で材料情報の一覧を参照することができる (図 8 ②)。材料情報は、機能ノードの主体に付属する情報であるため、機能ノードの設定領域において、属性として記述し設定する。設定された材料情報は、機能分解木中の機能ノードの下端及び方式名の下部に表示することができる (図 8 ③)。

本節で述べた手法により、SOFC 材料 DB と連携した個別の機能モデリングが可能となり、付与された材料情報は機能分解木の内部データとして保持される。次節では、本節の機能モデリングを踏まえて、SOFC システムの複数のプロセスに対して、統合モデリングを行う事例を紹介する。

3.3 SOFC システムの故障診断の統合モデリング事例

本格的な実用規模のモデリングを行う場合、複数の企業や大学間の共同作業が必要であり、また、実システムでは非公開な情報も少なくない。従って、本研究では、筆者らの知見でモデリングが可能であり、実用上も重要な位置づけにある SOFC の故障診断システムを対象とした。

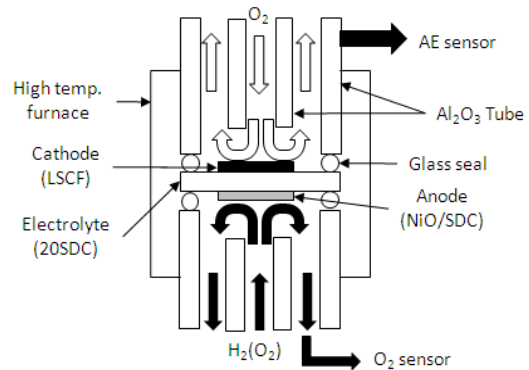


図 9 AE 法による SOFC 損傷評価試験装置

統合モデリングの対象となる故障診断システムは、AE (Acoustic Emission) 法による SOFC 損傷評価試験装置 (図 9) が中心となる。AE 法とは、材料の変形や亀裂発生時の弾性波を測定する非破壊検査法の一つである。

SOFC は、高温動作のため部材内や部材界面に亀裂や剥離等の機械的損傷が生じ、性能が劣化する可能性がある。しかし、発電システムは、稼働開始以後に頻りに止めることは難しいため、停止して分解せずに劣化の状況を把握する AE 法のような信頼性評価技術が求められている [佐藤 08]。

前記試験装置では、劣化を起こしやすい試験環境下に SOFC セルをセットして、発生する弾性波を AE センサーで測定する。測定された波形のパターンによって、損傷の種類が判別がなされる [福井 07]。

本故障診断システムに包含されるプロセスには、表 1 に示すプロセスがある。昇温などの試験前処理プロセスとセル稼働プロセスが、機能発揮時間軸に沿ったプロセ

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

スであり、それ以外は、装置変化時間軸に沿ったプロセスである。

表 1 故障診断システムの各種プロセス

プロセス	概要	時間軸
セル稼働	正常状態のセルの稼働	機能発揮時間
破壊試験	指定条件でのセルの試験	装置変化時間
セル製造	評価試験を行うセルの製造	装置変化時間
試験前処理	評価試験環境の形成	機能発揮時間
不具合	機械的損傷の発生 (複数)	装置変化時間

なお、表 1 の不具合プロセスは、前記試験装置により実際に観測された次の 3 つの不具合を対象とした。

- 電解質の縦亀裂
- カソードの縦亀裂
- 電解質とカソード間の剥離亀裂

また、プロセス間の時間軸上の位置関係は、各々、以下ようになる。

- 機能発揮時間軸：試験前処理 セル稼働
- 装置変化時間軸：セル製造 (不具合、破壊試験)

() は、プロセス集合を表す

プロセス間の関係については、以下の関係が存在し得る。但し、実験前の想定と実験後の結果は、必ずしも一致しないため、記述時には弁別が必要である。

- セル製造・不具合関係：セル製造時の残留応力が原因で、稼働時の機械的損傷を生じさせる影響関係
- 不具合停止影響関係：機械的損傷でセルが動作しなくなる影響関係

統合モデリングツールと統合モデル閲覧ツールを用いて、表 1 のプロセス群について統合モデリングを行った結果を図 10 に示す。最初に、統合モデリングツールで、以下のように統合モデル用データを構築する。

- (1) 機能分解木群を編集する (図 10(a-1) ①)
- (2) 各機能分解木の時間軸上の位置および機能分解木間の関係を設定する (図 10(a-1) ②)
- (3) 機能分解木の配置状況を確認する (図 10(a-1) ③)
- (4) OntoGear Server へアップロードする (図 10(a-1) ④)

図 10(a-2) は、機能分解木群の一部を拡大したものである。緑地に R のマークを持つ矩形が関係ノードを表し、例えば、不具合プロセスの機能分解木 (図中右側、黄色い機能ノードの木) が、稼働プロセス (図中左側、青い機能ノードの木) に「機能停止影響」を及ぼす関係を有することが示されている。

アップロードされたデータは、サーバー上の DB に格納される (図 10(b), 図 11(a))。このサーバー上の統合モデルデータに、統合モデル閲覧ツールを用いて下記のようにアクセスし活用を図る。

- (1) サーバーにログインする (図 11(b-1) ①)
- (2) 閲覧可能な統合モデルプロジェクトを選択する (図

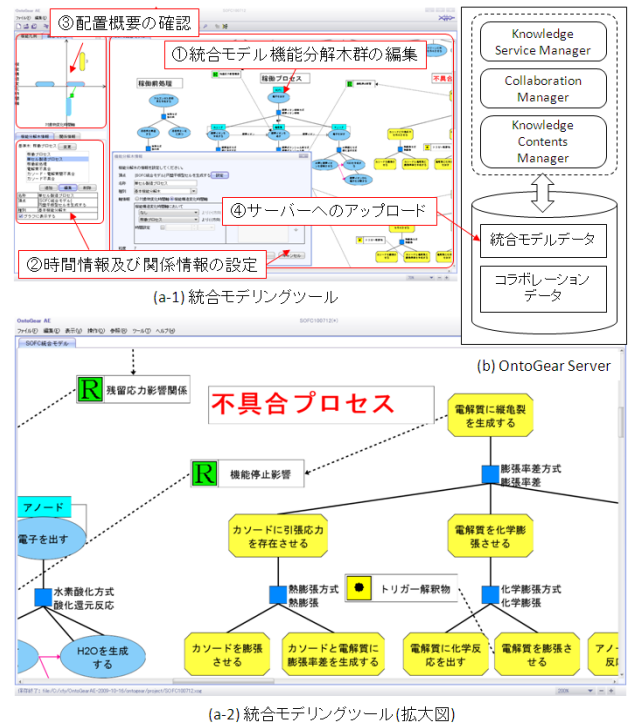


図 10 OntoGear による SOFC システム設計支援適用例 (1)

11(b-1) ②)

- (3) 選択された統合モデルが 3D 表示されるので、ナビゲーションパネルで閲覧操作を行う (図 11(b-1) ③)
- (4) コラボレーションを行う場合、コラボレーションパネルでメッセージ交換を行う (図 11(b-1) ④)

図 11(b-2) は、不具合プロセスを近景にした統合モデル閲覧ツールのスナップショットである。地面の色の違いは、2 つの時間軸の区分による象限の違いを表している。不具合プロセスと異なる時間軸を持つ稼働プロセスが不具合プロセスに対して直角に位置し、また、「機能停止影響関係」を表す直方体の関係ノードでリンクしていること、等が示されている。

統合モデル閲覧ツールで機能分解木を媒介したコラボレーション (2.2 節のヘテロコラボレーションに相当) を行う場合は、まず全受信者または指定した受信者に対してノード単位にメッセージを作成し送信する。メッセージには、テキスト記述や資料を添付できる他、代替となる部分機能分解木を編集して添付することも可能である。

メッセージを受信すると、受信を示す赤いフラグ (図 11(b-1) 中、中央付近参照) が該当ノード上に現れる。受信者は、この赤いフラグを目印として、受信の状況および内容を参照する。任意のメッセージに対して、継続的に意見交換等のコミュニケーションを発展させることができる。

但し、現実のシステムでは、参加者の役割の区分や区分に応じたインタラクティブな制御などが必要となる。これらの点に関して本研究では、対象外としている。

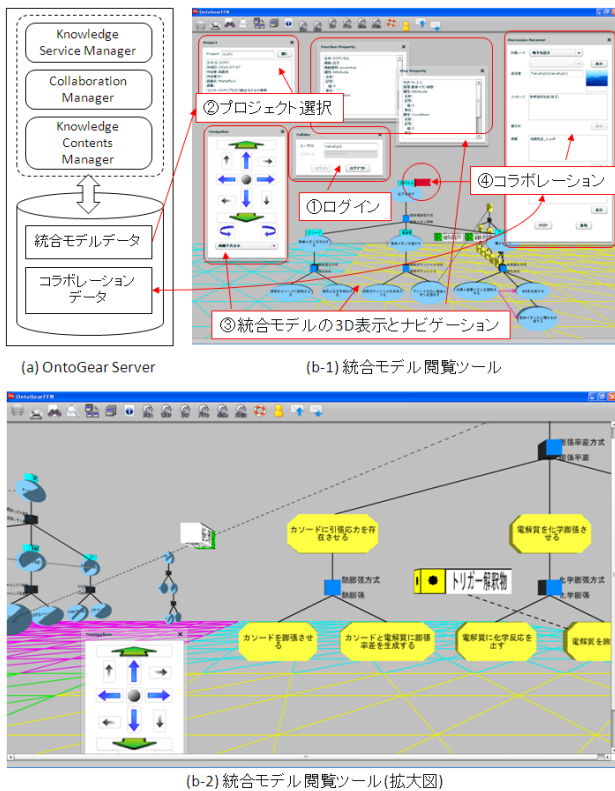


図 11 OntoGear による SOFC システム設計支援適用例 (2)

3.4 試作システムの評価

本研究は、SOFC の研究者 (複数) と筆者らが協働する形で進められた。筆者らは、ヒアリングなどにより SOFC に関する専門知識に接しつつ、段階的に統合モデリングを行った。モデリングの際には、筆者らが機能モデリングの専門家として統合モデリングツールを主に用いる一方、SOFC の専門家とモデリング結果の妥当性等を検証するためのレビューでは、統合モデル閲覧ツールを用いることで、円滑な討議を進めることができた。

この協働的なモデリングの作業過程を通して、SOFC システムの (サブセットとしての) ライフサイクル中の個々のプロセスだけでなく、全体を通じた時間的關係、依存的關係が明示的となり、専門外の者でも理解しやすい手法であることを体験的に確認した。

特に、機能発揮時間軸と装置変化時間軸の区分は、SOFC システムが主体として発電機能を発揮すると同時に、自身も高熱による作用を受けて変化しているという同一時間軸上の視座の相違を明瞭に区分して視覚化でき、専門家・非専門家に関わらず容易に理解できる効果が確認された。

統合モデリングの結果に対しては、SOFC の研究者から、(a) 任意の SOFC のシステム開発に初めて携わる初学者にとって初期段階での学習効率に寄与する、(b) 複数の企業が関与する実システム開発の際に有効な手法と成り得る、(c) エネルギーシステム全般に対して広く適用可能な手法と考えられる、など複数の肯定的な見解を得る

ことができた。

4. 関連手法および実用システムとの比較

OntoGear は複合的なシステムであり、一部は製品化されている。そこで、実用化という観点から、関連手法を商用レベルで実現したシステムについて、それらのシステムとの相違を議論する。

主に Semantic Web 関連の応用を目指して、複数の企業からオントロジーの開発環境を提供する製品群が提供されている。例えば、ontoprise GmbH の OntoStudio [OntoStudio 10]、Altova, Inc. の SemanticWorks [SemanticWorks 08]、HIGHFLEET, Inc. の IODE (Integrated Ontology Development Environment) [IODE 10] などがある。

OntoStudio は、オントロジー構築・保守を行うための商用のモデリング環境であり、オントロジーを構築して高精度な検索を行うことを目的とした Ontobroker [Fensel 98] の研究を基にしている。SemanticWorks は、OWL/RDF(S) 表現でオントロジーを構築するグラフィカルなエディターである。IODE は、ドメインオントロジーを開発するための統合開発環境である。

上記ツール群は、一般的なオントロジーの構築を目的としており、複数のツールで構成されるオントロジー構築環境を提供している。構築されたオントロジーは、検索や分析などの最終的な目的に適用されることが一般的であるため、アプリケーション構築用ライブラリ (API) や推論システムなどのミドルウェア、或いはサブシステムが含まれている。

これに対して OntoGear は、オントロジーを構築することではなく、機能オントロジーに基づいてモデルを記述することを支援するツールである。記述されたモデルは、直接、デザインレビュー、特許作成支援、問題解決など具体的な活用対象として用いられる。機能モデリングという外化操作自身に問題の顕在化が包含されるため、推論処理などは必要としていない。

また、前述のツール群と同様、機能モデリングを行うツール以外にも、機能的知識を組織化するツール、機能的知識の操作ライブラリ (API) などを含む総合的なソフトウェア環境を提供する。さらに、人工物の機能的な記述を含む文書に検索用のアノテーションを付与するなどのために、機能メタデータ形式 [Kitamura 06] での出力も用意されており、爾後の活用にも対応している。

一方、機能モデリングに関する規格として NIST が策定した IDEF0 [NIST 83] がある。IDEF0 は、システムや企業組織などの機能構造をグラフィカルにモデリングする規約を提供する。IDEF0 において主要な概念は、機能概念、機能間の対象物フロー関係、制御概念、メカニズム概念などであり、機能を表す矩形と、機能への入出力を表す矢印でモデリングを行う。機能構造は、階層的に詳細化することができる。

IDEF0 に基づく専用の機能モデリングツールとして、Knowledge Based Systems, Inc. の AI0Win [AI0Win 10] がある。また、Microsoft, Inc. の Visio [Visio 10] など汎用的な図形描画ツールのテンプレートとして IDEF0 に準拠したモデリングが可能なものがある。

IDEF0 の規格書では、機能は動詞または動詞句で表現するとの規定しかなくおらず、機能表現には自由度がある。この点に関して、OntoGear は、機能概念オントロジーに基づいて、統制された機能語彙で機能を表現するため、対象装置や分野に依存しない一貫した機能表現が可能である。読み易さなどの観点から一般的な機能表現を用いることも可能であり、その場合であっても本質的な機能概念との対照関係が内部的に保持される。

また、モデリング結果がゴールとなるツールと異なり、OntoGear は、モデリング結果からさらに、方式知識を汎用的に組織化し方式知識ベースを構築することによって、知識を共有・再利用できることも特徴的な相違点である。

概念設計から製品の破棄までを包括する PLM (Product Lifecycle Management) は、CAD/CAM/CAE や PDM (Product Data Management) など各フェーズで個別に、或いは横断的に用いられるサブシステムを包含する。製品としては、Dassult Systems, A.G. の V6 [V6 10] や Siemens PLM Software, Inc. の PLM components を始めとする製品群 [PLM software 10] がある。

これらの PLM 製品は、リードタイムの短縮、コストの削減等を目的としているため、3D データや部品情報など製品の具体的な設計情報の包括的な管理が主体である。PLM に関する NIST のフレームワーク [NIST 05] では、設計意図の記録と管理についても言及されているが、実際の製品では、文書管理的な仕組みを包含するとどまる。

OntoGear は、数値を主体とする設計データの管理を対象としておらず、むしろ設計意図を含む設計知識の管理を主体としているため、相補的な位置付けと捉えることができる。PLM システムと並置した PLKM (Product Lifecycle Knowledge Management) システムとして peer-to-peer な連携を図ることにより、ユーザーに相乗的な効果を与えることができると考えられる。

5. ま と め

本稿では、オントロジー工学に基づく技術的知識管理システムの拡張と応用について述べた。システムの拡張については、統合モデルのソフトウェアによる実現を試み、統合モデリングツールと統合モデル閲覧ツール、および OntoGear Server を試作した。拡張したシステムを用いて、SOFC システムの設計支援への応用を試み、有効性を確認した。

試作したシステムに関して、3D ナビゲーションの操作性やコラボレーションの機能性などの改善、また統合モ

デリングの実規模の検証については、今後の課題である。

OntoGear は、実用化を指向した研究試作システムとして、大学・企業における試用評価を得ながら、段階的な実用化を目指してきた。その過程において、あるコンサルティング企業が、顧客のメーカー企業へのソリューション提案業務に実際に活用した事例も存在する。

産学連携による研究開発の結果、企業での製品化が確定するに至っており、その状況を附記するとともに、今後の展望を述べて括りとする。

5.1 実 用 化

現在、OntoGear の最も中核的なソフトウェアである機能的知識外化ツールは、製品名 OntoloGear SE (Standard Edition) [OntoloGear 10] として、株式会社 MetaMoJi で製品化され、無償評価ダウンロードが開始されている。また、方式知識編集ツールについても OntoloGear WKE (Way Knowledge Editor) としてリリースが確定している。

本稿執筆時点の OntoloGear SE のダウンロード数は、2ヶ月で 150 件を超えている。ダウンロードに付随した簡易なアンケートの結果により、企業で実用上の効果が確認された活用例^{*5}である設計知識管理、デザインレビュー支援、知財管理支援など [溝口 02] について期待が示された。また、製造業の枠にとどまらない用途として、発想支援に関する期待も高いことが分かった。

今後、本稿で試作した統合モデリングシステムの実用化についても、さらなる検証を行いながら OntoloGear の製品シリーズとして段階的に展開していきたいと考えている。

5.2 今 後 の 展 望

本稿では、OntoGear を製造分野に密着したシステムとして述べているが、OntoGear は、製造分野に限らず幅広い適用可能性を有している。機能オントロジーの多角的な研究例として、教育分野での教育設計支援 [林 09] やモバイルサービスにおけるユーザー行動モデルの記述 [笹島 08]、医療分野における医療プロセスの記述 [西村 10] などがあり、各々顕著な効果が報告されている。その他、サービス分野に OntoGear を適用した研究例もある [高藤 09]。製品版である OntoloGear SE をベースに適切な拡張を図ることで、該当分野へ実用的な展開が可能である。

OntoGear というシステムだけでなく、生み出される機能的知識も大きな潜在的可能性を有している。ある装置の特殊な機能に関する知識といった例では、知識共有による貢献性は限定的かもしれないが、医療や防災、行政など公共性の高い分野では、有用な知識を公開して共有する場合の貢献性は高いことが予期される。

単なる企業システムの製品化という枠にとどまらず、有用な機能的知識が多く生み出され、社会的に共有・活用

*5 OntoGear 以前の初期システムである SOFAST の活用事例である。

される場を併せて提供することで、実社会に役立つ様々な貢献が可能な AI 技術基盤として発展させていければと考えている。

謝 辞

本研究の一部は、新産業創造物質基盤技術研究センター(MSTeC)におけるヒューマンインターフェースプロジェクトの一環として行われた。本研究の実施に当たり、多大なご支援を頂いた株式会社 MetaMoJi の浮川和宣代表取締役および浮川初子専務取締役様に深く感謝します。SOFC 設計支援システムの試作に関して、東北大学多元物質科学研究所の水崎純一郎教授、佐藤一永助教、八代圭司助教からは、ご助力と多くの有益なコメントを頂いた。ここに感謝の意を表します。OntoGear の各種ソフトウェア開発において、ご尽力された株式会社 MetaMoJi の久永真悟氏、株式会社マウスの加藤敦丈氏の貢献に感謝します。OntoGear SE の製品開発に関しては、最終的な製品試験の際、株式会社 MetaMoJi の全社員にご協力頂いた。記して感謝します。

◇ 参 考 文 献 ◇

[AIOWin 10] Knowledge Based Systems, Inc: AIOWin, <http://www.kbsi.com/COTS/AIOWIN.htm> (2010)

[Fensel 98] Fensel, D., Decker, S., Erdmann, M., and Studer, R.: Ontobroker: The Very High Idea, In 11. International Flairs Conference (FLAIRS-98), Sanibal Island, USA (1998)

[藤田 02] 藤田 喜久雄, 菊池 慎市, 南 雄太郎: 分散協調設計支援システムのためのプロセスモデルと操作モデル, 日本機械学会論文集 (C 編), 68 巻, 670 号, pp.1910-1918 (2002)

[福井 07] 福井健一, 佐藤一永, 水崎純一郎, 斉藤和巳, 沼尾正行: 固体酸化物燃料電池における破壊ダイナミクスの可視化法, 情報科学技術レターズ, Vol.6, pp.5-8 (2007)

[林 09] 林 雄介, Bourdeau, J., 溝口理一郎: 理論の組織化とその利用への内容指向アプローチ - オントロジー工学による学習・教授理論の組織化と Theory-aware オーサリングシステムの実現 -, 人工知能学会論文誌, Vol.24, No.5, pp.351-375 (2009)

[IODE 10] HIGHFLEET, Inc: Integrated Ontology Development Environment, <http://www.highfleet.com/iode.html> (2010)

[石井 98] 石井雅和, 鷹合基行, 武田英明, 西田豊明: 協調型設計者支援環境におけるエージェントを用いた概念空間共有機構, 電子情報通信学会技術研究報告, AI97-80, KBSE97-39 (1998)

[KBSI 10] Knowledge Based Systems, Inc: IDEF Family of Methods, <http://www.idef.com/> (2010)

[経産省 10] 経済産業省: ものづくり白書 2010, <http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2010/index.html> (2010)

[Kitamura 06] Kitamura, Y., Washio, N., Koji, Y., Sasajima, M., Takafuji, S., Mizoguchi, R.: An Ontology-Based Annotation Framework for Representing the Functionality of Engineering Devices, In Proc. of ASME 2006 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference (ASME IDETC/CIE 2006), DETC2006-99131 (2006)

[来村 02a] 来村 徳信, 溝口 理一郎: オントロジー工学に基づく機能的知識体系化の枠組み, 人工知能学会論文誌, Vol. 17, No. 1, pp.61-72 (2002)

[来村 02b] 来村 徳信, 笠井 俊信, 吉川 真理子, 高橋 賢, 古崎 晃司, 溝口 理一郎: 機能 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における利用, 人工知能学会論文誌, Vol. 17, No. 1, pp. 73-84 (2002)

[小路 06] 小路悠介, 来村徳信, 溝口理一郎: オントロジー工学に基づく人工物の統合的機能構造モデリング, Design シンポジウム 2006, pp.289-294 (2006)

[小路 07] 小路 悠介, 来村 徳信, 加藤 義清, 筒井 良夫, 溝口 理一郎: 相互運用性を指向した機能・不具合知識の統合とその概念写像に基づく知識変換, 人工知能学会論文誌, Vol. 22, No. 1, pp. 78-92 (2007)

[Lee 97] Lee, J.: Design Rationale Systems: Understanding the Issues., *IEEE Expert*, Vol. 12, No. 3, pp. 78-85 (1997)

[溝口 02] 溝口理一郎, 来村徳信, 布瀬雅義: オントロジー工学の成功事例 ~機能オントロジーに基づく生産技術知識の共有・再利用~, 人工知能学会研究会資料 (2002)

[水崎 09] 水崎純一郎: 固体酸化物燃料電池 (SOFC) の最近の進展, 課題そして展望, セラミックス, 44, pp.262-266 (2009)

[NEDO 10] National Energy and Industrial Technology: SOFC プロジェクト, <http://sofc.nef.or.jp/gaiyou/index.html> (2010)

[西村 10] 西村悟史, 来村徳信, 笹嶋宗彦, 溝口理一郎: 意図明示化を指向した汎用的医療関連プロセス知識記述枠組み, 第 24 回人工知能学会全国大会論文集 (CD-ROM), 1B3-2 (2010)

[NIST 83] National Institute of Standards and Technology: Integration definition for function modeling (IDEF0), Federal Information Processing Standards Publications 183 (1983)

[NIST 05] Fenves, S. J., Sriram, R. D., Sudarsan, R., and Wang, F.: A product information modeling framework for product lifecycle management, *Computer-Aided Design* 37 pp.1399-1411 (2005)

[OntoGear 10] MetaMoJi Corporation: OntoGear, <http://www.ontogear.com/> (2010)

[OntoStudio 10] OntoPrise GmbH: OntoStudio, <http://www.ontoprise.de/> (2010)

[Pahl 88] Pahl, G. and Beitz, W. eds.: *Engineering Design - a Systematic Approach*, The Design Council (1988)

[PLM software 10] Siemens PLM software, Inc.: PLM software, http://www.plm.automation.siemens.com/ja_jp/ (2010)

[笹嶋 08] 笹嶋宗彦, 来村徳信, 長沼武史, 倉掛正治, 溝口理一郎: モバイルサービスのタスク指向型メニュー搭載を目指して - ユーザ行動モデル記述方式とその利用についての一考察 -, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.20, No.2, pp.171-189 (2008)

[佐藤 08] 佐藤一永, 八代圭司, 橋田俊之, 川田達也, 湯上浩雄, 水崎純一郎: 固体酸化物燃料電池の損傷に及ぼす化学膨張の影響, 日本機械学会論文集, 74(737), pp.68-74 (2008)

[SemanticWorks 08] Altova, Inc: SemanticWorks, <http://www.altova.com/semanticworks.html> (2008)

[高藤 08] 高藤淳, 来村徳信, 溝口理一郎: オントロジー工学と XML 技術に基づく技術知識統合管理プラットフォームの構築, 人工知能学会論文誌, Vol.23, No.6, pp.424-436 (2008)

[高藤 09] 高藤淳, 溝口理一郎: 価値のオントロジーとサービス機能モデリング, 第 23 回人工知能学会全国大会論文集 (CD-ROM), OS10 (2009)

[Visio 10] Microsoft, Inc.: Visio, <http://office.microsoft.com/ja-jp/visio/> (2010)

[V6 10] Dassault Systems, S.A.: V6, <http://www.3ds-jp.com/v6/> (2010)

[Yashiro 07] Yashiro, K., Nakamura, T., Sase, M., Hermes, F., Sato, K., Kawada, T., Mizusaki, J.: Electrode Performance at Hetero-interface of Perovskite-related Oxides, (La, Sr)CoO3-(La,Sr)2CoO4-, In Proc. of Electrochemical Society transactions, 7(1), pp.1287-1292 (2007)

〔担当委員：森田 武史〕

2011年5月11日 受理

 著 者 紹 介



高藤 淳(正会員)

1985 年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業。電機メーカーにて LSI 設計、ソフトウェア研究開発企業にてエキスパートシステムの研究開発に従事。1992 年-2004 年独立系ソフトウェア会社にて自動テキスト処理技術の研究開発・製品化に従事。2005-2010 年企業参加による特任研究員として大阪大学産業科学研究所新産業創造物質基盤技術研究センターにおいてオントロジー工学に基づく次世代知識管理システムの研究に従事の後、2010 年より株式会社 MetaMoJi にて同研究成果の製品化に従事。情報処理学会、日本機械学会、各会員。



來村 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、同大学産業科学研究所技官。1994 年同助手。2003 年同助教授。2007 年同准教授。現在に至る。2007-08 年スタンフォード大学客員准教授。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知識管理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。2009 年日本機械学会設計工学システム部門フロンティア業績表彰などを受賞。情報処理学会、日本機械学会、各会員。



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、2006 年 ICCE Best paper Awards、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受賞。2010 年教育システム情報学会論文賞受賞。人工知能学会理事、同編集委員会委員長、教育システム情報学会理事、同編集委員長、人工知能学会会長、Intl. AI in Education (IAIED) Soc. President、APC of AACE President を歴任。現在、Semantic Web Science Assoc. Vice-President、電子情報通信学会、情報処理学会、日本認知科学会、各会員。