

技術知識基盤の構築 プロセス・プラント分野の情報統合化

The Implementation Methods of Formal Natural Language

太田 吉美^{*1}
Yoshimi Ota

好永 俊昭^{*1}
Toshiaki Yoshinaga

仲 勇治^{*2}
Yuji Naka

芝尾 紘一^{*3}
Kouichi Shibao

^{*1} 技術知識基盤構築機構
Institute of Technology Knowledge Infrastructure

^{*2} 東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

^{*3} エー・アイ・イー 研究社
AIE Research

Today, many troubles such as big accidents, human errors, active concealment, etc. are occurring frequently, and have had a bad influence on the reliability and security of a human life. As a cause of these problems, lack of information and knowledge, lack of tactics to safety ensuring, lack of the strategy to safety, etc. are pointed out. In order to solve these subjects, the systematic construction of an infrastructure which can aim at increase in efficiency of business and improvement in quality and safety is pressing need. As such a technical system, we have proposed the continuous improvement (PDCA cycle) of the business process by the Technology Knowledge Infrastructure (TECHNO-INFRA) which accumulates, shares and utilizes the knowledge covering an enterprise life cycle. Especially, this paper reports application of the Technology Knowledge Infrastructure to the process plant field.

1. はじめに

大事故や失敗、隠蔽問題などが多発しており、安全・安心に関する信頼が揺らいでいる。これらの問題の原因として、情報の欠如、戦術(安全行為)の欠如、戦略(安全認識)の欠如などが指摘されている。このような課題を解決するためには、技術や製品・サービスのライフサイクルに亘る情報や知識を統合化し、蓄積・共有・活用することにより、業務の効率化や質・安全の向上を図る基盤の体系的な構築が急務である。

筆者らは、このような技術体系として、製品や技術、サービスなどのライフサイクルに亘り、情報や知識を蓄積・共有・創発するための技術知識基盤 (Technology Knowledge Infrastructure、略して TECHNO-INFRA と呼ぶ) を構築し、そこに蓄積される各種指標をベースに、ビジネス・プロセスを継続的に改革 (PDCA サイクル) することを提案してきた[太田 2000,2001,2002]。技術知識基盤の基本技術として、「主語 + 述語 + 目的語」の基本構造 (セマンティック・モデル) で、各品詞の取り得る内容をオントロジーで限定する制約自然言語 FNL (Formal Natural Language) の開発を進めてきた[太田 2003,2004,2005]。また、制約自然言語に基づいた情報や知識の蓄積技術、情報や知識の共有・活用技術、既存のシステムやアプリケーション群との連携技術などを開発してきた。

FNL は、人と人のコミュニケーションの手段として利用できるのは勿論であるが、コンピュータにも理解できる言語で、コンピュータ間や人とコンピュータとのコラボレーションとしても利用できる。

FNL では、オントロジーを拡張・拡充することにより、情報や知識を体系的に「積み上げる」ことができ、システムの柔軟性や将来への拡張性を飛躍的に高めることができる。

技術知識基盤のベースとなる、知識を蓄積・共有・活用するための FNL 及びその実装手段は、あらゆる産業や技術分野に適用でき、将来への変更や拡張が容易で、柔軟性のあるものである。これは、一般の製品や技術・サービスなどのライフサイクル支援システムが抱える多くの問題を解決できる。

本論文では、特に、プロセス・プラント分野への技術知識基盤の適用について報告する。

2. 技術知識基盤とは

あらゆる産業分野で、業務の効率化や製品の質・安全の向上などのため、コンピュータを利用した業務支援が広範囲に行なわれている。

しかしながら、従来は都合がよく、効果の大きいところから情報システムの開発や導入を推進してきた。この結果、情報システムが孤島になってしまった(図1参照)。情報の孤立や情報連携のミスが効率化の阻害要因であり、大事故や失敗の原因ともなる。業務の効率化や大事故・失敗を防ぐためには、あらゆる(網羅した)情報や知識を統合し、これを論理的に活用できる環境の構築が必要不可欠である。

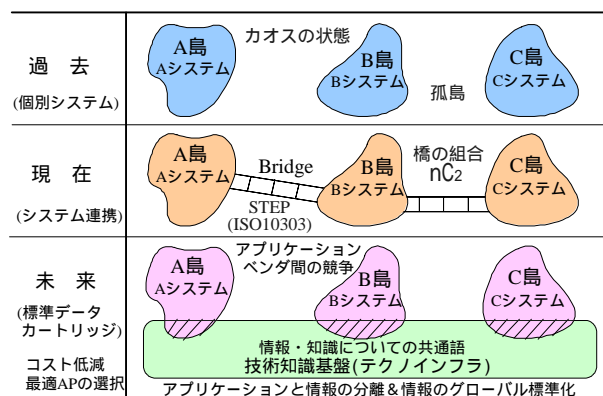


図1 技術知識基盤

これからは、まず、情報システムの機能と情報を分離する。次に、分離した情報を統合化し、共有化する環境を構築する。さらに、これをグローバル標準にしてしまう。すなわち、情報のオーナーとしての立場を明確にする。製品や技術、サービスなどのライフサイクルに亘り、情報や知識をコンピュータのハードやソフトウェアに依存することなく、蓄積・活用できる技術知識基盤を構築する。こうすることにより、コンピュータのハードメーカーやソフトウェアメーカーは、技術知識基盤と連携せざるを得なくなる。さらに、こ

連絡先：太田吉美，技術知識基盤構築機構，茨城県水戸市千波町 613-9，TEL:029-244-0875，yoshimi-ota@k3.dion.ne.jp

のような基盤が整備されると、新規参加が起りやすくなる。この結果、安く、性能のよい最適なシステムを選択できることになる。

また、このことは IT の急劇な進展による陳腐化などにも対応できることを示している。自らのコア・コンピタンスとなるような知的資産を、情報システムに依存しない形式で、長期にわたり管理できるようになる。

さらに、統合化した情報や知識をコンピュータが理解できるようにすれば、自動化の範囲が拡大できるし、人とコンピュータの協働作業支援を大幅に向上できる。蓄積した情報や知識から製品や技術・サービスなどの質や安全の向上、類似災害の防止など多くの活用が図れる。

このような技術知識基盤を構築するためには、製品や技術・サービスなどについての論理的な体系化及び知識の蓄積・共有・活用の機構化が必要不可欠である。また、技術知識基盤のベースとなる情報や知識を記述するモデル及びその実装手段(データウェアハウス技術、エージェント技術)を開発することが必要となる。

筆者らは、技術知識基盤のベース技術である、知識記述言語である FNL やこれに基づいたデータウェアハウス技術を開発してきた。また、技術知識基盤として、既存システム・アプリケーション群、情報や知識の蓄積層、情報や知識の共有層、情報や知識の活用層からなる4階層の基本アーキテクチャーを確立してきた(図2参照)。

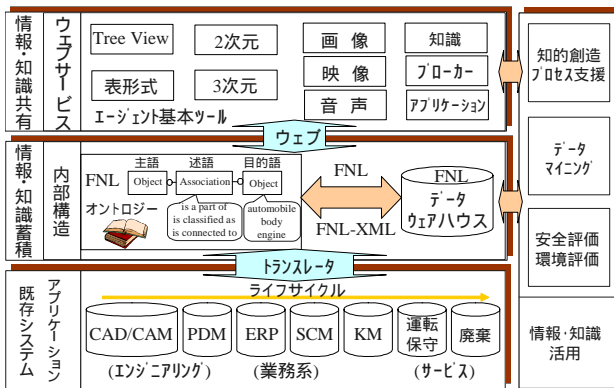


図2 技術知識基盤の基本アーキテクチャー

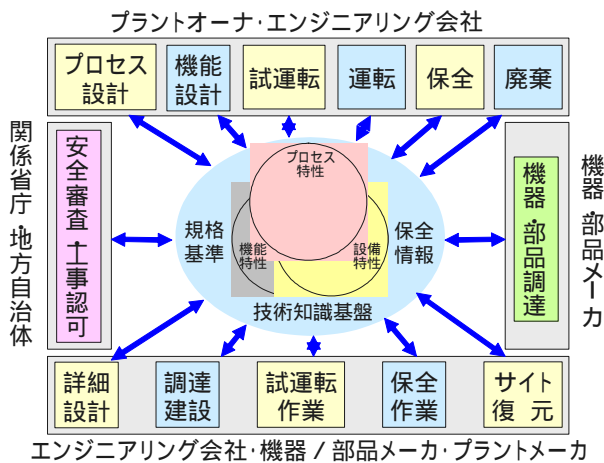


図3 プロセス・プラント分野の知識基盤

技術知識基盤をプロセス・プラント分野に適用した場合のフレームワークを図3に示す。技術知識基盤を中核として、設計や運転・保全などの各プロセスで情報や知識の共有が行われる。

これらのプロセスを担うものとして、プラントオーナー、エンジニアリング会社、プラントメーカー、機器・部品メーカー、関連官庁・地方自治体など多くの機関が関与する。

プロセス・プラント分野の知識基盤では、設計や運転・保全の各プロセスで必要となる情報を一元的に管理し、プロセスに係る人がだれでも、いつでも、どこでも必要な情報を最適な表現形式で共有・活用することができる。ユーザーID やパスワードなどでセキュリティ管理されていることは言うまでもない。

以下では、技術知識基盤のベース技術である、FNL や技術知識基盤のプロセス・プラント分野への適用について説明する。

3. 制約自然言語 FNL

情報や知識を共有・蓄積するために必要なことは、情報や知識を表す用語(共通言語)を明確にすることである。このようなことは、ISO や IEC などの国際標準でも認識されている。FNL では、さらに積極的に、このような用語をオントロジーとして規定することを提案している。

FNL では、対象となる製品や技術・サービスのライフサイクル全般に亘り、ビジネス・プロセスを分析し(各プロセスの入力情報や出力情報を抽出)、情報モデルを構築し、情報や知識の共有に必要な概念(概念を規定するものをクラスと呼ぶ)や概念間の関連、概念と実体(インスタンス)間の関連、実体(インスタンス)間の関連(これらの関連の総称をアソシエーションと呼ぶ)を規定する。このため、FNL では次の四段階の開発方法を採用している(図4参照)。

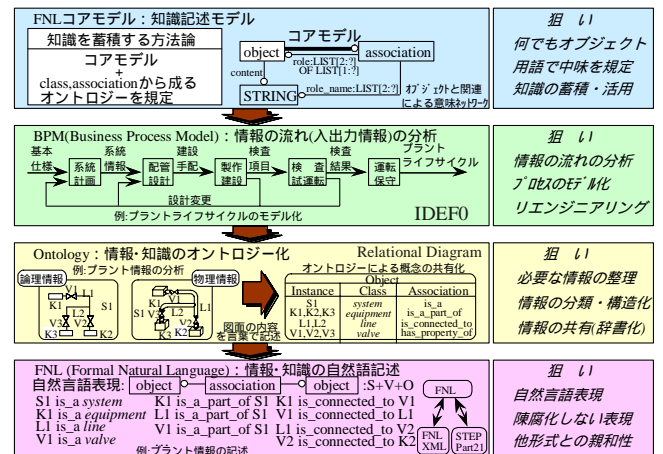


図4 制約自然言語 FNL の方法論

(1) FNL コアモデル

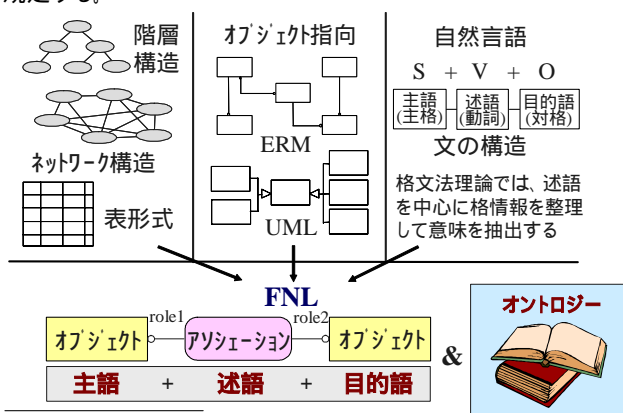
FNL は、いろいろなデータ構造の基本要素(オブジェクトとオブジェクトの関連(アソシエーション))という要素を抽出したもので、この基本要素を組み合わせるにより、複雑な現実世界を記述しようとするものである(図6参照)。また、FNL は述語(動詞)を中心にした、意味ネットワークモデルであり、自然言語の構文(ステートメント)も記述できる重要な特徴がある。

FNL は、あらゆる製品や技術・サービスなどのライフサイクルに亘り、情報や知識を蓄積・共有・活用・創出することを支援する知識モデルで、従来のデータ構造やデータベースなどの考え方を革新する技術でもある。

FNL では対象とするものすべてをオブジェクトとして捉える。オブジェクトは、概念(クラス)や実体(インスタンス)など定義対象の全てを記述するための入れ物(器)である。アソシエーションもオブジェクトの一つ(オブジェクトのサブタイプ)であり、オブジェクト間の関連付けを記述する器で、アソシエーションからオ

プロジェクトには多数の手(ポインタ)を出すことができる。各々手にはそれぞれの役割(role)があり、その役割の内容についても明示的に記述する(図5参照)。

クラスとアソシエーションの中身は、後で述べるオントロジーで規定する。



ERM: Entity Relation Model
UML: Unified Modeling Language

図5 制約自然言語 FNL の原理

(2) ビジネス・プロセスの分析

対象となる分野の業務内容や共有する情報や知識について、関係者の間で共通の概念、理解を持つことが必要である。このため、FNL では、ビジネス・プロセスの分析を行う。対象とする分野のビジネス・プロセスの分析を行い、各プロセスへの入力情報や出力情報などを明確にする。

FNL では、ビジネス・プロセスの各プロセスも一つのオブジェクトとして規定する。すなわち、各プロセスも一つのクラスとして規定する。これにより、各プロセス単位の情報や知識をまとめて表現することができる。

(3) オントロジーの整備

このステップでは、ビジネス・プロセスで分析した各プロセスでの入出力情報をまとめ、対象とする分野での情報や知識についての知識モデルを作成し、これをオントロジーとしてまとめる。

オントロジーは、さらに概念を規定するクラス、関連(述語)を規定するアソシエーションに分類する。

クラス定義では、概念を表す用語及びその意味を規定する。概念の意味の記述も制約自然言語を用いる。また、概念間の関連もアソシエーションを用いて記述する。

アソシエーション定義では、関連を表す概念の用語及びその意味(使い方)を規定する。アソシエーションでは、クラス間の関連、クラスとインスタンス間の関連、インスタンス間の関連などを定義する。また、アソシエーションは二項関係だけでなく、多項関係も記述できる。このため、アソシエーション定義では、多項関係の詳細を表す役割(ROLE)も規定し、アソシエーション用語と ROLE との関係文脈(RULE)として記述する。また、このアソシエーション用語と同義語(ALIAS)を表すアソシエーション用語や、逆の関連(REVERSE)を表すアソシエーション用語も記述できる。

(4) FNL による情報・知識の共有

FNL では、概念の空間であるオントロジーと実体(インスタンス)を記述する空間とを組み合わせる表現する。これにより実際の情報や知識の体系的な管理が可能になる。

FNL には自然言語の構文も記述できるので、図6のように、主語、述語、目的語の順につなげると一つの文章となる。文章や文書を組合せることにより、知識を記述する。

FNL の基本構造は、主語 + 述語 + 目的語で、主語や述語、目的語の取り得る内容で、概念に関するものと述語(アソシエーション)はオントロジーで制限する。これにより、一般の自然言語処理の難しさを排除する。オントロジーは、英語、日本語、中国語、韓国語などの多言語に対応できる。

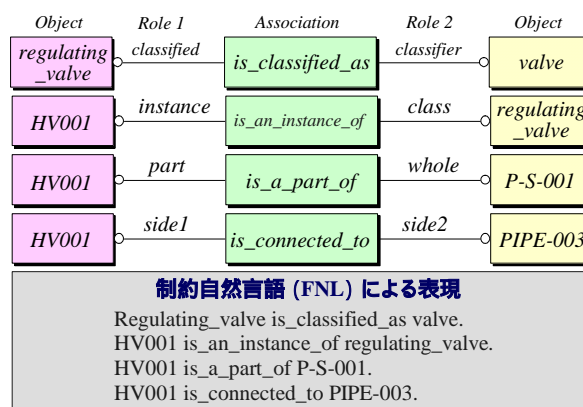


図6 制約自然言語 FNL の例

FNL は、オントロジーやインスタンス(実体で固有名称や具体的な数値を表す)の外部表現形式である。

FNL では、オントロジーであるクラスやアソシエーション定義から自動的にコンピュータが解釈する内部表現形式(図7、8参照)に変換される仕掛けになっている。FNL の外部表現形式では、同一の主語が何度も表れるが、コンピュータの内部表現では、同一の主語を持つ文をまとめて一つの複合した文として処理することにより、コンピュータの処理を高速化している。この変換により、用語の二重定義や用語間の論理的矛盾をパーサーでチェックする。

実体(インスタンス)は、各種情報システムのトランスレータを介して、コンピュータの内部表現として出力または、入力される。コンピュータの内部表現は外部表現形式である FNL に変換して、ユーザーに提示する。外部表現形式としては、FNL 表現以外にも、表や図形などに交換して表示することもできる。インスタンスに対してもパーサーにより論理的矛盾をチェックする。

4. プロセス・プラントへの適用

技術知識基盤の基本アーキテクチャーに基づき、FNL や FNL データウェアハウス技術などを、プロセス・プラントの設備管理分野に適用した。

プロセス設計システムや基本設計システム、詳細設計システム、保全システムなどのデータベースの内容と FNL のオントロジーを参照し、マッピングテーブル(対応関係を記述する表)を作成する。この場合、データベースにある内容が FNL のオントロジーにない場合は、FNL のオントロジーに新しい概念として追加する。できあがったマッピングテーブルに基づき、各データベースとデータウェアハウスとの FNL トランスレータを開発した。FNL トランスレータにより、各種設計情報を既存のシステムから FNL データウェアハウスに登録し、FNL による表現に統一し蓄積した(図7参照)。

データウェアハウス内の FNL で統一された内容は、いろいろな視点から論理検索でき、2次元表示機能や3次元表示機能、自然言語的表示機能などにより閲覧できる。図形表示された内容は、Web 上で、コンポーネント単位で指示(ピック)ができ、関連する情報を検索・閲覧、加工することができ、Web 上での応用範囲が飛躍的に拡大する。

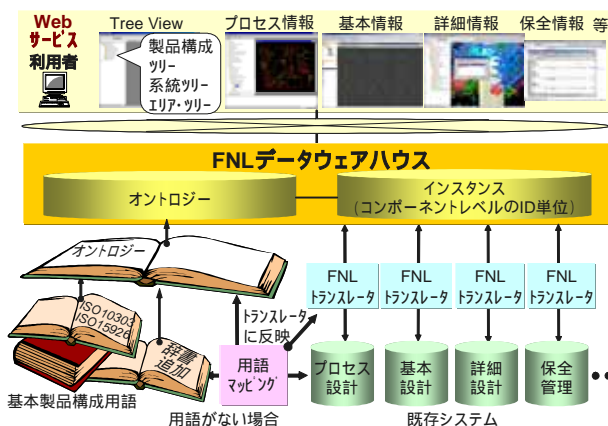


図7 プロセス・プラント設備情報の統合化

図8はデータウェアハウス内に蓄積した各種設計情報を、インターネットを介してデータウェアハウス内の情報を Web サービスであるエージェント基本ツールで検索・閲覧したものである。オントロジーとして規定した用語(プロセス・プラントの構成を表す用語)を表示し、これをベースとして、ライフサイクルに亘る情報や知識を検索・閲覧できる。例えば、 からシステム名をピックアップし、プロセス設計情報である PFD(Process Flow Diagram)を表示し、次に、PFD に対応した基本設計情報である P&ID(Piping and Instrument Diagram)を表示し、さらに、そのシステムの3次元の詳細設計情報や施工図を表示し、また、のある機器をピックアップして、その機器に関する保全管理密度(保全管理の重要さ)を決定することやその仕様情報を確認することが容易にできる。

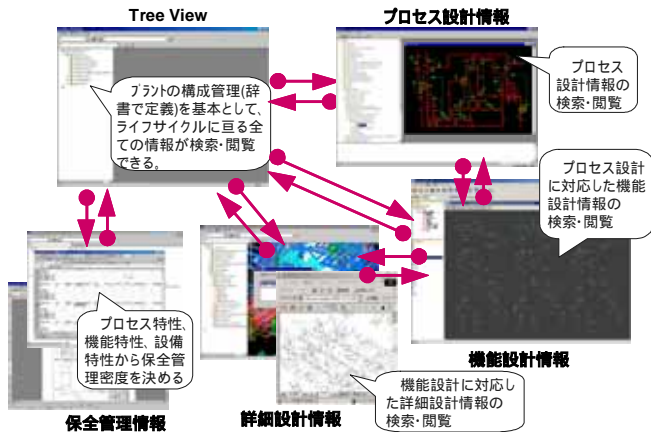


図8 実機プラントでの設備情報の共有

以上、説明した以外にも図形に対する基本機能や機器間の接続関係、保守点検時に必要となる系統隔離、バルブ閉開時の流体可視化、関連法規の対応機器の色分け表示、保全管理密度の色分け表示、減肉監視状況の把握などの機能がある。

技術知識基盤の構築により、プロセス・プラント設備の情報や知識を一元的に蓄積、共有・活用でき、設備管理業務支援の高度化を図ることができる。

技術知識基盤のベースとなる、FNL やその実装手段は、あらゆる産業や技術分野に適用でき、将来への変更や拡張が容易で、柔軟性のあるものである。これは、一般の製品や技術・サービスなどのライフサイクル支援システムが抱える多くの問題を解決できることを意味している。

技術知識基盤のプロセス・プラント設備管理への展開では、既存のオントロジーとして、ISO10303 (STEP: Standard for the Exchange of Product Model Data)に注目した。STEP では、製品や技術についての用語の整備が既に行われており膨大な知的資産となっている。そこで、STEP の基本リソースの部分を、FNL のオントロジーとして展開している。現状では、形状や物理単位などの共通化できる用語を中心に約 4,000 語の整備が進んでいる。

FNL は、述語を中心とする知識モデルであり、知識処理の理論である述語論理として取り扱うことができる。また、FNL は一つのオントロジーであり、知識としての意味を表現できる。論理学に「意味の理論」であるオントロジーを加えることにより、様々な問題解決を試みる可能性が広がる。今後は、FNL の応用としてこれを検討したい。

5. まとめ

製品や技術、サービスなどのライフサイクルに亘り、情報や知識を蓄積・共有・創発するための技術知識基盤の技術体系をプロセス・プラントの分野に適用した。これにより、業務をシームレスにつなげることが可能となり、情報の重複入力やミス、業務間で情報の欠落などを防ぐことができる。また、設備の網羅的な管理が可能となり、質・安全の飛躍的な向上を期待できる。さらに、作業の効率化や作業期間の短縮、これらを通じた大幅なコスト低減などが期待できる。

また、関係者間で設備のライフサイクルに亘る情報や知識を体系的に共有できることにより、日常の設備管理が効率化されるだけでなく、事故・トラブルに際しても、関係者間での一貫した対応やその迅速化、水平展開、原因究明の促進などにも役立つ。さらに、故障やトラブルの事例を蓄積することにより、各種管理指標の精度向上を図ることができ、リスクマネジメントに基づいた設備管理の継続的な改革が可能となる。

プロセス・プラント分野における技術知識基盤の構築は、現在分断して行われている設計や運転、保全などの関連業務に共通の価値観を与え、部分最適化の域を出ない現在の効率化を全体的な最適化に導くと共に、専門家も含め、専門家でない市民や関係者にも理解できる形で設備の運用実態を提示する透明性のある方法としても期待できる。

参考文献

[太田 2000]太田,好永: IT による情報・知識の共有と蓄積, 日本機械学会誌, Vol.103, No.977(2000)
 [太田 2001]太田,好永ほか:技術情報基盤のための情報・知識記述モデル, 平成 13 年度 IMS 研究成果報告会論文集(2001)
 [太田 2002]Yoshimi Ota, Yuji Naka, others: Construction of Technology Knowledge Infrastructure(TECHNOINFRA), WWDU2002, 6th International Scientific Conference on Work With Display Units (2002)
 [太田 2003]太田: STEP と Semantic Web との融合を目指して制約自然言語の提案-, 製品表現のための先進的技術動向研究報告, 電子商取引推進センター, (財)日本情報処理開発協会(2003)
 [太田 2004]太田,大庭: 制約自然言語の提案, The 18th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2004
 [太田 2005]太田,大庭: 制約自然言語の実装方式, The 19th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2005