

エンジニアリングチェーンにおける設計情報連携環境の開発 Development of Design Information Coordination Environment on Engineering Chain

岩津 賢[†] 井上 裕昭[†] 藤田 浩平[†]
Satoshi IWATSU Hiroaki INOUE Kohei FUJITA

1. はじめに

近年、Industrie 4.0 [1]に象徴されるように、製造業では消費者ニーズの多様化に伴う製品のライフサイクルの短期化への対応が求められている。製造メーカの生産技術部門やシステムインテグレータ(SIer)は、変種変量生産、マスカスタム生産への対応に向け、エンジニアリングも含めたものづくり全体での TCO (Total Cost of Ownership)削減のための効率化が求められている。

本稿では、製品の早期市場投入を可能とするため、ものづくりの上流工程に位置するエンジニアリングチェーンの効率化に焦点を当てる。生産設備の設計には複数の担当者による工程が必要であるが、現状では、工程間の調整作業に時間を要している。以降、調整作業の時間短縮に向け、SIer が使う設計ツールの生成物をデジタルで連携可能な環境を実現する技術について述べる。

2. エンジニアリングチェーンの課題

エンジニアリングチェーンでは、製品の製造開始までに生産設備の工程設計、機械設計、電気設計、制御設計の異なる設計フェーズを経る。これらの設計フェーズで扱われる設計情報の内容は異なり、個別ツールのファイル形式で管理される。機械構造と電気配線経路のように、互いに依存し合う関係を持つ設計情報が存在するため、設計者間の調整やそれに伴う設計手戻りが発生していた。

2.1 生産設備設計の流れ

製品を生産するために必要な機能を実現するための生産設備は、主に機械設計、電気設計、制御設計の 3 種類の設計フェーズにより設計される。

- 機械設計：工程設計で定められた生産設備の仕様に基づく機構の設計と機器リストの作成
- 電気設計：機械設計で定められた機器リストを基に、機器間の配線に関する設計
- 制御設計：機械設計と電気設計の結果に基づく動作ロジックを表すシーケンサのプログラムの作成

2.2 ロス工数

上述した各設計フェーズは、設計観点、知識、利用ツールが異なるため、専門の設計担当により分担されることが多い。そのため、生産設備の設計の整合性を取り、成立させるための設計担当者間の確認・調整作業や確認漏れに起因する手戻りによるロス工数が発生していた。すなわち、各設計フェーズの設計結果の設計書や図面について、他の設計フェーズの設計者が設計結果の影響範囲を考慮して問題の有無を確認し、問題がある場合には元の設計者に連絡する必要があった。図 1 に示すような設計者間の調整に起因するロス工数の削減による設計期間短縮が課題である。

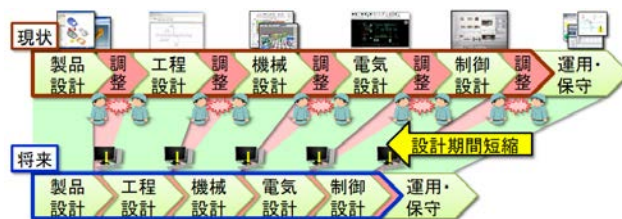


図 1 調整に起因するロス工数の削減

3. 関連研究

設計フェーズ間の調整作業や手戻りによるロスを削減するために、生産設備の設計情報を統合することを考える。生産設備に関する異なる設計フェーズの設計情報を統合するための技術として AML (AutomationML)がある。

AML の記述は以下の 4 要素で構成される。

- IH (Instance Hierarchy)：設計情報の要素(IE: Internal Element)で構成される階層構造
- RCL (Role Class Library)：IE を分類する Role Class の定義
- ICL (Interface Class Library)：IE 間の関係を表す Interface Class の定義
- SUL (System Unit Library)：IH の作成に利用可能な System Unit Class の定義

設計情報の本体は IH の階層構造で表現され、IH の構成要素はその他の Library でメタ定義が行われた Class のインスタンスである。さらに AML では IL (Internal Link)を利用して、機器の端子間の配線等、IH の構成要素間の関連を表現することができる。

一方、AML whitepaper [2]では、PPR (Process-Product-Resource)という概念が Role Class として定義されている。これにより生産に関する情報を工程(Process)と対象製品や部品(Product)、生産設備(Resource)に分けてモデル化できる。

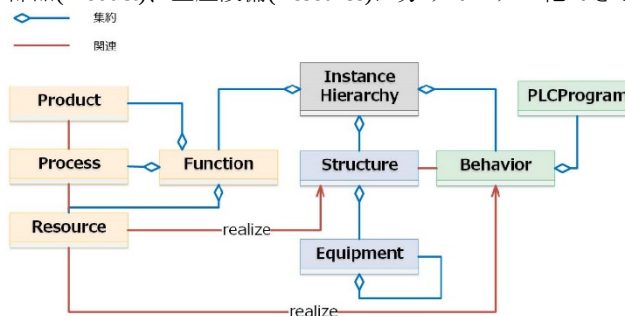


図 2 FSB モデルによる IH の構造

しかし、PPR によれば生産設備の機械、電気、制御の各設計情報はいずれも Resource に分類されるため、設計情報間の関係の明確化にはさらなる構造化が必要である。この問題に対するアプローチとして、FSB (Function-Structure-Behavior)モデルがある[3]。Function では PPR の概念を流用し、Process 別にモジュール化して設備の機能を表現する。

[†] 三菱電機株式会社 Mitsubishi Electric Corporation

Structure では CAD のデータ構造により生産ラインの物理的構造を木構造で表す。Behavior では PLCopen XML で表される制御プログラムから、生産ラインの振舞いに影響するような変数や FB (Function Block) を取り出して IE として表現する。図 2 に示すように、Function、Structure、Behavior は、PPR と同様にそれぞれが IH のサブツリーとして表現される。

4. モデル化に基づく連携環境の機能

機械、電気、制御の設計情報をモデル化により統合し、連携させるための環境として、設計情報を統合管理する機能と、設計変更の影響を解析する機能が必要である。

4.1 設計情報統合管理機能

本機能は、各設計フェーズの設計内容を製造システム全体の設計情報として統合し、整合性を確認できる状態で保存するための管理機能である。生産設備の設計情報を統合するために、各種設計ツールによる出力データを変換し、設計情報モデルに基づく設計統合情報の AML として永続化する。さらに、以下に示す、設計統合情報に対する結合、抽出、表示の各サブ機能を持つ。

- 結合：各設計ツールにより作成/更新された個別設計情報の設計統合情報への結合
- 抽出：設計統合情報からの各設計ツールの個別設計情報の抽出
- 表示：設計統合情報の全体像の表示

4.2 設計変更影響解析機能

本機能は、設計情報を変更したり新規追加したりする場合に、設計情報間の依存関係の整合性を保つための機能である。設備の設計情報を統合する際に、依存関係の知識に基づきその影響を解析し、整合判定を実施する。

知識を表現するためのモデルとして、設計統合情報の対象部分の抽出ルールと制約条件の記述を用いる。前者には SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) クエリで、後者には SPARQL クエリ実行時の期待結果の範囲でそれぞれ記述する。すなわち、1 つの依存関係の知識は SPARQL クエリとその期待結果の組で表現される。

新しい設計情報を仮反映した設計統合情報の AML を変換した RDF (Resource Description Framework) に対して、満たすべき依存関係の SPARQL クエリの実行結果を期待結果と比較する。実行結果が期待結果を満足する場合は、そのまま設計統合情報が保存できる。満足しない場合は、不整合となった依存関係と設計値を示して設計を差戻す。

5. プロトタイプによる検証

設計情報統合管理機能と設計変更影響解析機能を備えた設計情報連携環境のプロトタイプを開発した。プロトタイプを利用して、設計フェーズの設計結果の影響が解析できることと、設計統合情報に結合できることを検証した。

生産設備の機械、電気、制御の各設計フェーズの担当者が順に設計を進めていく場合に、連携環境に対してそれぞれの設計成果物を順に登録することを想定する。たとえば、機械設計の 3DCAD データを登録するシーンでは、連携環境にデータをアップロードすると、設計変更影響解析機能による解析が自動的に実行される。解析では仮結合された設計統合情報に対して、あらかじめ登録された依存関係に

関する整合性判定が実施される。ここでは、制御盤用スペースに関する依存関係の知識記述に基づき、機械設計の修正が必要なことを検出している。

整合判定結果の表示例を図 3 に示す。左側の設計統合情報ツリーペインでは仮結合された AML、右側の判定用クエリペインではデータ抽出用の SPARQL クエリがそれぞれ表示され、判定結果表示ペインに結果が根拠とともに示される。この画面により、I/O 数の見積りから導かれた必要サイズに対して幅と高さが不足していることを、電気設計担当者に確認することなく機械設計担当者が認識できる。

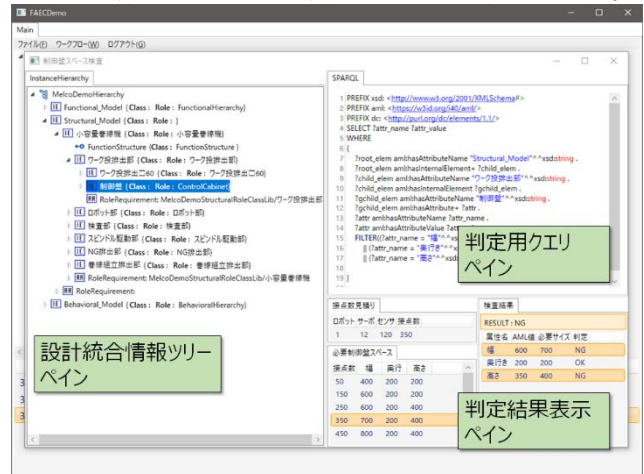


図 3 連携環境での整合判定結果の詳細表示

機械設計担当者は、判定結果に基づき設計を修正して再度登録を試みることになる。整合判定で問題がなければ登録が可能となり、設計情報統合管理機能により設計統合情報に結合される。

6. 考察

生産設備の立上げ期間短縮の阻害要因であるエンジニアリングチェーンの設計フェーズ間の調整に関して、設計担当者による作業時間を短縮するための連携環境を検討した。エンジニアリングチェーンで利用される設計ツール群は様々なベンダから提供されているため、連携環境の機能は AML を利用した設計情報の記述と、クエリ言語 SPARQL を利用した設計情報間の整合確認の、いずれもオープンな技術により実現したことに価値があると考えられる。

7. おわりに

設計ツールの生成物をデジタルで連携する設計情報連携環境について、プロトタイプを開発することにより、設計情報の統合と自動的な整合確認が機能することが確認できた。ただし、エンジニアリングチェーン全体から見ると今回の対象範囲は設備設計の設計フェーズ間連携に限定されている。今後は、設備の立上げ、運用・保守を含めた期間短縮への対応が必要である。

参考文献

- [1] "Industry 4.0 standards", <http://i40.semantic-interoperability.org/>
- [2] AutomationML consortium, "Whitepaper part 1: Architecture and general requirements", Technical report (2018).
- [3] Hildebrandt, C., Scholz, A., Fay A., Schröder, T., Hadlich, T., Diedrich, C., Dubovy, M., Eck, C., and Wiegand, R. "Semantic modeling for collaboration and cooperation of systems in the production domain", 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), pp. 1-8 (2017).