

# 擦り合わせ型設計開発における部品データの相互運用性改善事例

## A case study: Interoperability Improvement of Component's Property in Integral Architecture Design

橋本 一成<sup>1\*</sup>      鷹合 基行<sup>1</sup>      渡部 雅夫<sup>1</sup>      梅基 宏<sup>1</sup>  
Kazunari Hashimoto<sup>1</sup>    Motoyuki Takaai    Masao Watanabe<sup>1</sup>    Hiroshi Umemoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 富士ゼロックス株式会社  
<sup>1</sup> Fuji Xerox Co.,Ltd.

**Abstract:** In integral architecture design, each engineering department has their own database of components for their internal use. The low interoperability among the databases makes it difficult to do whole-optimization of products. In this paper, we propose an ontology-based method which realizes to make metadata as relations between component's properties from different databases.

### 1 はじめに

製造業の設計開発は、藤本 [1] が示した「組み合わせ型」と「擦り合わせ型」に分類できる。パソコンや携帯電話等の製品は各構成要素の汎用化が進んでいるため「組み合わせ型」の開発であるといわれている一方、自動車等の製品は、構成要素が多く汎用化も困難な事から「擦り合わせ型」の開発であるといわれている。「組み合わせ」型の開発は、期間も短く少ないコストで実施する事ができるが、「擦り合わせ型」の開発は期間が長くコストも多く必要となる。しかしながら、もの作り企業にとって開発期間の短縮と低コスト化は激化する競争に打ち勝つための命題となっており、これまでの「擦り合わせ型」から標準のモジュール構成を多用した「組み合わせ型」への開発スタイルの移行が大きなトレンドとなりつつある。この開発スタイルの移行において、企業内の個別部門で蓄積していた設計開発情報間の相互運用性の低さが大きな課題となっている。

これらの情報は、各部門で担当する工程における技術視点や知識に基づきデータを測定し分析した結果を記録したものである。しかしながら、その部門内のみでの利用を前提として作られているため、用語や前提となる要件等が相互運用を前提として定義されていない異なる部門で再利用しようとしても人手による情報の解釈が必要で、開発スタイルの移行を大きく妨げている。

### 2 擦り合わせ型設計開発の現状

#### 2.1 工業製品の擦り合わせ型設計開発

工業製品は多くの部品によって階層的に構成されている。それらの部品は複数の部門で設計開発が行われる。工業製品の性能に直接関係する機能を提供する部品をモジュールと呼ぶ。モジュールは複数のモジュールによって階層的に構成されている。モジュールを構成するモジュールをサブモジュールと呼ぶ。

擦り合わせ型開発における部門間連携として、次の2つのケースを想定した。1つ目として、各部門が異なるモジュールを担当し、他部門が設計開発する関連モジュールとの相互影響を考慮しながら設計開発するケースがある。2つ目として、各部門が1つのモジュールを共同で担当し、他部門が設計開発する機能との相互影響を考慮しながら設計開発するケースがある。両ケースとも部門で作成したモジュールのデータのやりとりが部門間で行われる。しかし、これらデータには部門の技術視点や知識に基づく特有の表現があるため、部門間でデータの相互運用性が低いという課題がある。

本稿では相互運用性の改善事例として、ある製品Aの質量表作成を報告する。製品Aを構成するモジュールはモジュール名やモジュール番号で識別され、モジュールの質量とモジュールの材料を属性としてもつ。「モジュールの材料」とはモジュールの主成分となる材料を意味する。質量表は製品モジュール構成リストと部門管理のモジュールの質量と材料から作成される。

製品モジュール構成リストとは「製品モジュール番号」と「モジュール名」と「サブモジュールの製品モジュール番号」を記載したものであり、モジュールとサブモジュール間の関係により製品全体のモジュール

\*連絡先: 富士ゼロックス株式会社 研究技術開発本部 コミュニケーション技術研究所  
〒220-8668 神奈川県横浜市西区みなとみらい6-1  
E-mail: Kazunari.Hashimoto@fujixerox.co.jp

構成を表したものである。以下、製品モジュール番号  $M_x$  の製品モジュールを製品モジュール  $M_x$  と記す。例えば、表 1 では製品モジュール  $M_{20}$  の ELEC ASSY1 が製品モジュール  $M_{80}$ ・製品モジュール  $M_{81}$ ・製品モジュール  $M_{82}$  をサブモジュールとすることを表す。モ

表 1: 製品モジュール構成リストの例

製品モジュール番号	モジュール名	サブモジュールの製品モジュール番号
...	...	...
$M_{20}$	ELECCASSY1	$M_{80}, M_{81}, M_{82}$
...	...	...
$M_{80}$	SCREW - 035	
$M_{81}$	SCREW - 041	
$M_{82}$	SCREW - 048	
...	...	...

ジュール  $M_x$  の製品モジュール構成材料とはモジュール  $M_x$  及びモジュール  $M_x$  の全てのサブモジュールを構成する材料を意味する。モジュール  $M_x$  における製品モジュール構成材料  $Mat$  の製品モジュール構成材料質量はモジュール  $M_x$  及びモジュール  $M_x$  の全てのサブモジュールで材料  $Mat$  をもつモジュールの質量和を算出することで求められる。質量表とは、行に製品モジュール構成材料を、列に製品モジュール番号を、交点に製品モジュール構成材料質量を記載したものである。

表 2 では、モジュール  $M_1$  及びモジュール  $M_1$  の全てのサブモジュールが材料としてアルミニウムを合計 120.84g 含むことを表す。

表 2: 製品 A の質量表

製品モジュール構成材料		$M_1$	$M_2$	...	$M_{10}$	...
...	...	...	...	...	...	...
10	アルミニウム	120.84	0	...	15.12	...
...	...	...	...	...	...	...
70	ポリスチレン	15.22	8.11	...	3.31	...
...	...	...	...	...	...	...

## 2.2 擦り合わせ型設計開発における課題

製品モジュール  $M_x$  の製品モジュール構成材料の質量算出において、以下のような作業が行われる。

(STEP 1) 製品 A の製品モジュール構成リストに基づき、製品モジュール  $M_x$  の全てのサブモジュールを把握する。

(STEP 2) サブモジュールの質量と材料を部門 P1・部門 P2・部門 P3 から取得する。

(STEP 3) サブモジュールの質量と材料の整合性をとる。

(STEP 4) サブモジュールの質量と材料を用いて、材料ごとにモジュール  $M_x$  及びサブモジュールの質量和を求める。

モジュール ELEC ASSY1 に関する部門 P1・部門 P2・部門 P3 管理のデータを表 3 に示す。

表 3: モジュールの部門管理データ例

	部門 P1	部門 P2	部門 P3
モジュール名		ELECCASSY1	
モジュール番号	EA001		EA001
質量	100.1g	130.4g	
材料分類 1	アルミニウム	ALM	
材料分類 2			Mat - 003

STEP3 では以下のような課題があった。

第 1 の課題として、部門間においてモジュールの識別が異なっていた。例えば、表 3 では部門 P1・部門 P3 ではモジュール番号で、部門 P2 ではモジュール名で記載していた。

第 2 の課題として、部門間において材料表現が異なっていた。例えば、表 3 では部門 P1・部門 P2 では材料分類 1 の材料を、部門 P3 では材料分類 2 の材料を記載していた。

第 3 の課題として、部門間において質量が異なっていた。部門 P1・部門 P2・部門 P3 で質量の測定方法が異なるため、モジュールの質量の未測定やサブモジュールの質量との重複が発生していた。例えば、表 3 では部門 P1 の質量は 100.1g と記載されているが、部門 P2 の質量はサブモジュールの質量も含めた質量で 130.4g と記載されていた。

以上の課題に対して、担当者はスプレッドシート上で作業しており、質量算出に多大な工数を要した。

## 3 擦り合わせ型設計開発におけるメタデータ管理システム

我々は 2.2 節で述べた課題の解決を目指し設計データをメタデータとして管理するシステムを構築した。メタデータ管理システムのシステム構成を図 1 に示す。システムは製品モジュール構成リストを入力とし、質量表を出力とする。各部門管理のモジュールデータのメタデータをストアし、製品オントロジーや材料オントロジーとの関係を RDF で表現した。上記メタデータを用いて製品モジュールの質量を推定し、さらに質量表に記載する製品モジュール構成材料質量を算出できるシステムを構築した。

### 3.1 製品オントロジーと材料オントロジーの構築

以下のような製品オントロジーと材料オントロジーを構築した。

製品オントロジー

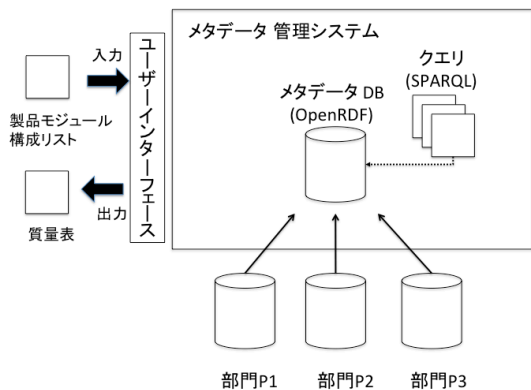


図 1: メタデータ管理システムのシステム構成

モジュールの機能や特性に関する知識を体系的に表現したもの。部門が測定した質量はモジュールの種類によって依存したものであるため、質量測定方法も考慮しながら、モジュールの種類を体系的に表現した。属性として「モジュール名」と「モジュール番号」が定義されている。

材料オントロジー

モジュールの材料を体系的に表現したもの。既存の材料分類 1 の体系と材料分類 2 の体系を統合した。属性として「材料名」と「材料分類 1 の材料名」と材料分類 2 の材料名」が定義されている。

図 2 に製品オントロジー，図 3 に材料オントロジーの例を示す。

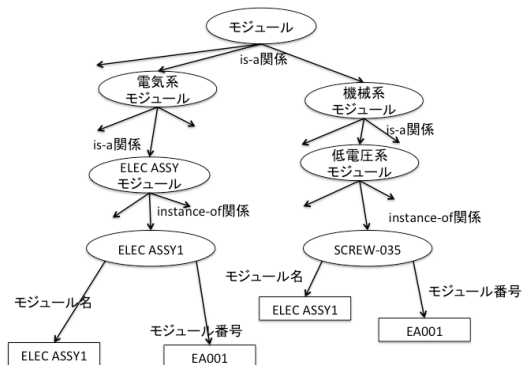


図 2: 製品オントロジー

3.2 モジュール及び材料のメタデータ

部門管理のモジュールや材料からメタデータを以下のように抽出した。

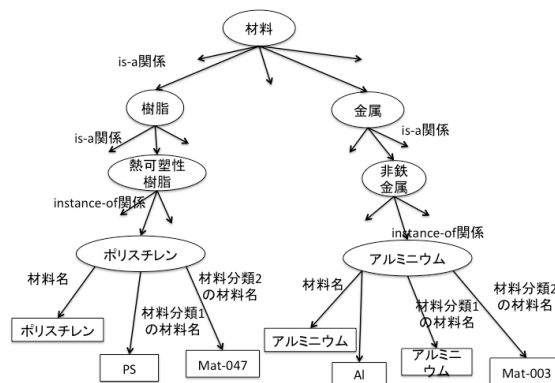


図 3: 材料オントロジー

表 4 に部門管理のモジュールのメタデータを示す。行に属性，列にメタデータを表す。交点に  がある場合，メタデータが属性をもつことを示す。

表 4: 部門管理のモジュールのメタデータ

	部門 P1	部門 P2	部門 P3
モジュール名	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
モジュール番号	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
質量	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
材料分類 1 の材料名	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
材料分類 2 の材料名	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

表 5 に材料のメタデータを示す。行に属性，列にメタデータを表す。交点に  がある場合，メタデータが属性をもつことを示す。

表 5: 材料のメタデータ

	材料分類 1 の材料	材料分類 2 の材料
材料分類 1 の材料名	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
材料分類 2 の材料名	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

部門 P1・部門 P2・部門 P3 管理のモジュール，材料分類 1・材料分類 2，製品オントロジー・材料オントロジーのインスタンス間にある以下 6 種類の関係を条件で検索された結果に対して関係づけた。

- 「部門 P1・部門 P2 管理のモジュール」と「材料分類 1 の材料」の主成分材料関係
  - (条件) 属性「材料分類 1 の材料名」の値が一致する。
- 「部門 P3 管理のモジュール」と「材料分類 2 の材料」の主成分材料関係
  - (条件) 属性「材料分類 2 の材料名」の値が一致する。

- 「部門 P1・部門 P2・部門 P3 管理のモジュール」と「製品オントロジーのインスタンス」の sameAs 関係
  - (条件) 属性「モジュール名」の値が一致する。
- 「材料分類 1 の材料」と「材料オントロジーのインスタンス」の sameAs 関係
  - (条件) 属性「材料分類 1 の材料名」の値が一致する。
- 「材料分類 2 の材料」と「材料オントロジーのインスタンス」の sameAs 関係
  - (条件) 属性「材料分類 2 の材料名」の値が一致する。
- 「製品オントロジーのインスタンス」と「材料オントロジーのインスタンス」の主成分材料関係
  - (条件 1) 製品オントロジーのインスタンスと sameAs 関係にある部門管理のモジュールがある。
  - (条件 2) 条件 1 に加えて部門管理のモジュールと材料分類 1 または材料分類 2 の材料が主成分材料関係にある。
  - (条件 3) 条件 1・2 に加えて材料分類 1 または材料分類 2 と sameAs 関係にある材料オントロジーのインスタンスがある。

以上の関係を表した ELEC ASSY1 のメタデータ例を図 4 に示す。

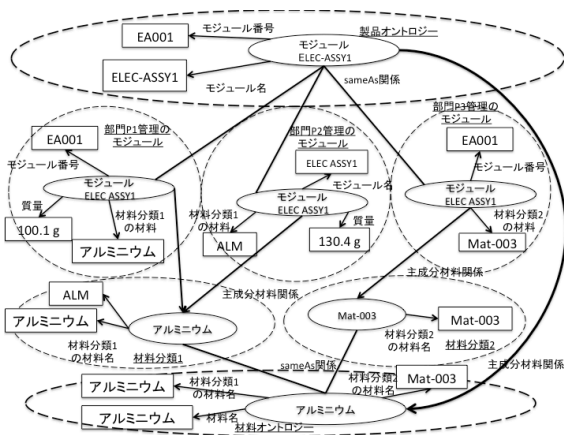


図 4: モジュール ELEC ASSY1 のメタデータ例

このように、部門間におけるモジュールの識別の異なり(2.2 節の課題 1)に対して、部門管理のモジュールと製品オントロジーのインスタンスの間に sameAs 関係を生成することで、同じモジュールとして識別す

ることができた。同様に、部門間における材料表現の異なり(2.2 節の課題 2), 材料分類 1・材料分類 2 と材料オントロジーのインスタンスの間に sameAs 関係を生成することで同じ材料として識別することができた。

### 3.3 製品モジュール構成材料の質量算出

前記メタデータ及びメタデータ間の関係を用いて、製品モジュールの推定質量を算出した。さらに製品モジュールの推定質量を用いて、製品モジュール構成材料質量を算出した。

まず、システムの入力となる製品のモジュール構成リストから「製品モジュール」のメタデータ、システムの出力となる質量表の雛形から「製品モジュール構成材料」のメタデータをそれぞれ生成する。

表 6 に製品モジュール・製品モジュール構成材料のメタデータを示す。行に属性、列にメタデータを表す。交点に がある場合、メタデータが属性をもつことを示す。

表 6: 製品モジュール・製品モジュール構成材料のメタデータ

	製品モジュール	製品モジュール構成材料
モジュール名		
製品モジュール番号		
サブモジュールの製品モジュール番号		
材料名		
製品モジュール構成材料質量		

以下のように製品モジュール間・製品モジュール構成材料・製品オントロジーのインスタンスの間の以下 4 種類の関係を条件で検索された結果に対して関係づけた。

- 製品モジュール間のサブモジュール関係
  - (条件) モジュールの「サブモジュールの製品モジュール番号」の値ともう一方のモジュールの「製品モジュール番号」の値が一致する。
- 「製品モジュール」と「製品オントロジーのインスタンス」の間の sameAs 関係
  - (条件) 「モジュール名」の値が一致する。
- 「製品モジュール」と「製品モジュール構成材料」の間の構成材料関係
  - (条件) 「製品モジュール番号」の値が一致する。
- 「製品モジュール構成材料」と「材料オントロジーのインスタンス」の間の sameAs 関係
  - (条件) 「材料名」の値が一致する。

部門間において質量が異なる課題(2.2節の課題3)について、製品モジュールの構成や種類、部門ごとの質量に応じたクエリを組み合わせることで処理を行うことで解決した。

質量推定の一例として、ELEC ASSY1の質量推定例について述べる。ELEC ASSY1の質量とは部門P1ではELEC ASSY1のみの質量とする一方、部門P2ではELEC ASSY1とELEC ASSY1の全てのサブモジュールの質量和を質量としている。部門P2はSCREW-035をサブモジュールとするELEC ASSYシリーズのモジュールについて詳細な質量を測定している。

製品モジュールの質量推定例を図5に示す。

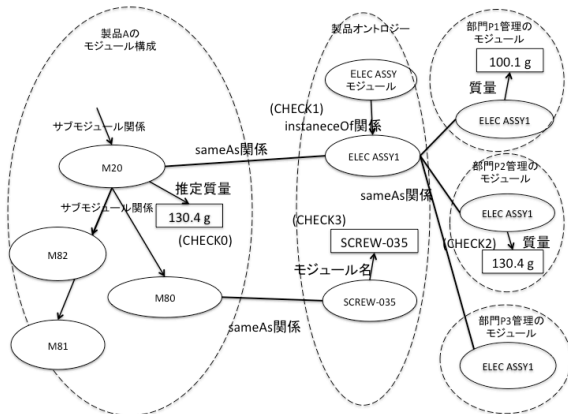


図5: 製品モジュールの質量推定例

そこで、以下の<クエリ1>・<クエリ2>・<クエリ3>を順に処理し、部門P2の質量を優先的に扱う質量推定を行った。

- <クエリ1> 以下3条件をみたす製品モジュールに部門P2管理モジュールの質量を推定質量とする。(図5の例では、CHECK0において、CHECK2の質量130.4gを推定質量とする。)
  - (条件1) 製品モジュールと sameAs 関係にある製品オントロジーのインスタンスが、ELEC ASSY モジュールの instanceOf 関係にある。(図5の例では、CHECK1の関係を意味する。)
  - (条件2) 条件1に加えて製品オントロジーのインスタンスと sameAs 関係にある部門P2管理モジュールが質量をもつ。(図5の例では、CHECK2で質量130.4gをもつ。)
  - (条件3) 条件1に加えて製品モジュールのサブモジュールと sameAs 関係にある製品オントロジーのインスタンスが、モジュール名「SCREW-035」をもつ。(図5の例では、

CHECK3でモジュール名「SCREW-035」をもつ。)

- <クエリ2> クエリ1によって製品モジュールが推定質量を持たない場合、部門P1管理モジュールの質量を推定質量する。
- <クエリ3> クエリ1・2によって製品モジュールが推定質量を持たない場合、部門P3管理モジュールの質量を推定質量する。

次に製品モジュールの推定質量を用いて、製品モジュール構成材料の質量を算出した。製品モジュール構成材料質量の例を図6に示す。

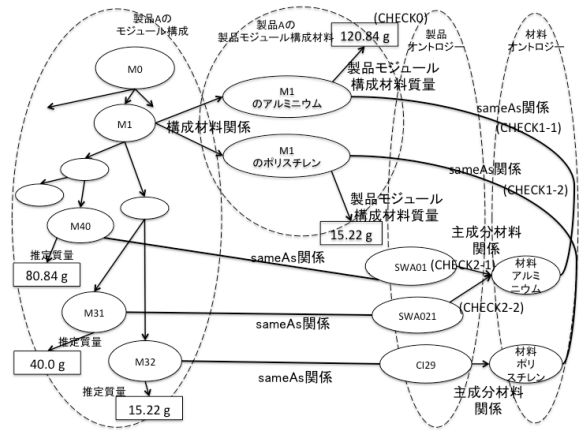


図6: 製品モジュール構成材料の質量算出例

製品モジュール  $M_x$  の構成材料の質量は以下の<クエリ1>・<クエリ2>を順に処理することで算出した。

- <クエリ1> モジュール  $M_x$  の全てのサブモジュールを検索する。(図6の例では、モジュール  $M_1$  の全てのサブモジュールを検索する。)
- <クエリ2> サブモジュールが以下2条件を満たす場合、サブモジュールの「推定質量」を製品モジュール構成材料の「製品モジュール構成材料質量」に追加する。(図6の例では、CHECK0において製品モジュール  $M_{40}$  の質量80.4gと製品モジュール  $M_{31}$  の質量40.0gの和により120.84gと算出する。)
  - (条件1) モジュール  $M_x$  と構成材料関係にある製品モジュール構成材料が材料オントロジーのインスタンスと sameAs 関係にある。(図6の例では、CHECK1-1・CHECK1-2の関係を意味する。)
  - (条件2) 条件1に加えてサブモジュールと sameAs 関係にある製品オントロジーのインスタンスが、材料オントロジーのインスタ

ンスと主成分材料関係にある。(図6の例では, CHECK2-1・CHECK2-2の関係を意味する.)

## 4 評価と考察

本手法を用いて, 約20製品の質量表を作成した. 各製品は数百のモジュールから構成されている. 本手法導入前と比べ作業工数を平均1/15に削減することができた. 相互運用性の改善を必要とするモジュールのデータをメタデータとしてRDFデータベース上に実現した. メタデータの関係性により複雑な質量推定処理も単純なクエリで容易に表現することができた. 一方で, 製品オントロジーや質量推定ルールの更新を容易にするためにルール作成支援ツール等の開発が必要であることがわかった.

## 5 関連研究

設計開発情報へのアプローチとしてはこれまでに, 航空エンジン部品の生産技術のノウハウをオントロジー化して再利用する試み [2], 物理システムおよびその設計知識をオントロジーとして記述する研究例 [3], 人工衛星の設計支援の為にオントロジー [4] 等があるが, それらの研究は設計開発の手法そのものを知識化する試みで, 開発中のデータの相互運用性の改善という観点では議論されていない.

## 6 むすび

本論文では, 擦り合わせ型設計開発において, 個別部門が保有する設計情報の相互運用性が低いという課題に対する解決策として, 工業製品の構成要素に関する情報をオントロジーに基づいて記述したメタデータで関連付ける手法を述べた. 実際の工業製品に本手法を導入し, 作業工数を1/15に削減することができた. 今後は, 研究, 生産といった異なる開発フェーズの部門との連携した相互運用性改善を目指したいと考えている.

## 参考文献

- [1] 藤本 隆宏: 能力構築競争-日本の自動車産業はなぜ強いのか, 中公新書, (2003)
- [2] 堀江 和男, 菅野 孝彦, 山川 邦男, 室岡 俊雄, 岩堀 明, 椎野 正元, 小出 誠二: ものづくり技術虎の巻, 第25回人工知能学会セマンティックウェブとオントロジー研究会, SIG-SWO-A1102-04 (2011)
- [3] 來村 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, 17巻, 1号, pp. 61-72 (2002)
- [4] 川井 翼, 堀 浩一: 人工衛星の設計支援のためのデバイスオントロジーの拡張-デバイス自身への作用の必要性とその記述方法の提案, The 29th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence (2015)