

## AAS-PathfinderNetwork のデータ相互運用による製品 CFP の算出 Calculating CFP with data interoperability between AAS and Pathfinder Network

藤原 浩司<sup>†</sup> 山下 蘭<sup>†</sup> 岩政 幹人<sup>†</sup> 山田 正隆<sup>†</sup>  
Koji Fujiwara Lan Yamashita Mikito Iwamasa Masataka Yamada

### 1. はじめに

カーボンニュートラルの実現のために、製品のライフサイクルを通じたステークホルダ間のデータ連携が不可欠となっている。特に製品ごとの CO2 排出量をあらわす CFP(Carbon Footprint of Product)のデータ交換の重要性が高まり、その枠組みとして WBCSD(World Business Council for Sustainable Development)による PathfinderNetwork[1]が提唱されている。一方、製造業のデジタル化を推進する Industrie4.0 では、製品のデジタルツインである AAS (Asset Administration Shell[2]) を用いて、製造から廃棄までのライフサイクルを通じて、CFP を含むあらゆる製品データを一貫して管理することを推進しており、これら 2 つのシームレスな統合が求められる。

ある製品 X が部品 A、B、C から組み立てられるユースケースを考えると、製品 X の CFP は組み立て作業で排出される CFP と部品 A、B、C の CFP の総和としてあらわされる。AAS は部品構成情報を持っているので、PathfinderNetwork により外部から得られた部品 A、B、C の CFP 情報を相互運用技術で AAS に取り込むことにより、部品構成情報を辿って製品 X の CFP を算出し、AAS に保存することができる。算出された CFP は再び PathfinderNetwork の形式に変換することで、ステークホルダ間での流通形式を変えることなくデータ交換が行える。

### 2. 背景

#### 2.1 CFP と PathfinderNetwork

CFP は製品単位のライフサイクルを通じた CO2 排出量である。CFP は事業者の直接排出量である Scope1、エネルギー利用に伴う間接排出量である Scope2、それ以外のサプライチェーンの各所で発生する間接排出量である Scope3 に分類される。Scope3 はさらに 15 のカテゴリに分類され、原材料の調達、輸送などは上流、製品の使用や廃棄などは下流と呼ばれる。CFP 算出のためにはこれらの Scope1、2、3 をそれぞれ求める必要があるが、特に Scope3 上流については、調達した部品や原材料の排出量が多くを占めるため、ステークホルダ間でのデータ交換が必要になる。

PathfinderNetwork は WBCSD によって提唱された CO2 を含む Greenhouse gas のデータを交換するための枠組みである。ステークホルダ間で製品の CFP を一貫した枠組みで算出・交換することにより、Scope3 の透明性を高めることを目的としている。PathfinderNetwork のデータモデルは主に製品識別情報(ProductFootprint)とその中に含まれる製品の CFP 情報(CarbonFootprint、およびそのサブ要素)で構成されており(図 1)、データフォーマットとして JSON が採用されている。

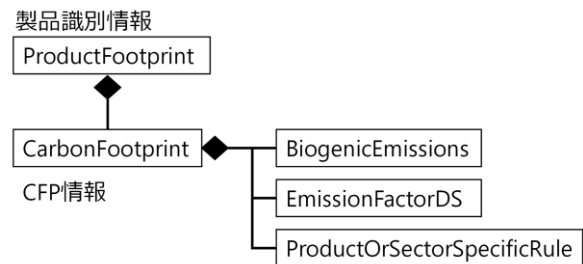


図 1 PathfinderNetwork モデルの要素間の関係

#### 2.2 AAS

Industrie4.0 において、AAS はアセット(データ管理されるべきすべての対象)の製品ライフサイクルにおける設計情報や稼働状況といった様々なデータを構造的に管理するデジタルツインである。AAS のデータモデルは大まかに、AssetAdministrationShell、Submodel、SubmodelElement、AssetInformation、ConceptDescription の 5 種類からなる。個々のデータ項目は SubmodelElement で表現され、特定の側面や目的における SubmodelElement の集合を Submodel 単位で管理する。SubmodelElement には項目と値を格納するための Property や SubmodelElement の集合を扱う SubmodelElementCollection などがある。Submodel は構造を柔軟に定義できるが、IDTA(Industrial Digital Twin Association)が標準的なものを SubmodelTemplate として策定を進めており、部品構成情報を表現する BOM(Bill of Materials)の SubmodelTemplate も公開されている[3]。

### 3. CFP 算出

#### 3.1 PathfinderNetwork と AAS のデータ相互運用

AAS と PathfinderNetwork とのデータ相互運用のためには各データモデル間で相互変換のための変換ルールを策定する必要がある。AAS では、Submodel 単位でデータを管理し、その中の SubmodelElement の構造を柔軟に定義可能なことから、PathfinderNetwork のデータモデルに対応する AAS の Submodel を作成する。PathfinderNetwork のデータ項目を Property と 1 対 1 対応するように定義することで変換ルールが単純なマッピングになり、相互変換が容易に行えるようになる。この Submodel を PathfinderNetwork\_SM とする。

<sup>†</sup> 株式会社 東芝 TOSHIBA CORPORATION

### 3.2 部品構造を用いた CFP 積算

製品 X の CFP を求めるにあたり、本稿では製品 X の Scope1、Scope2 の値、および部品構成は既知であり、Scope3 上流は部品の CFP の総和であるとする。また、各部品の CFP は PathfinderNetwork のデータで与えられるものとする。これらの情報を含む AAS の構成例を図 2 に示す。製品 X\_AAS は自身の CFP を算出するための Submodel として Scope1、Scope2、Scope3 上流、およびそれらの合計である cradle\_to\_gate を Property として持つ CFP\_SM を持つ。また、部品構成情報は部品 A、B、C のそれぞれの AAS への参照として保持する。製品 X、および部品 A、B、C は PathfinderNetwork\_SM を持つ。これにより、与えられた各 PathfinderNetwork のデータを各部品の Submodel にマッピングすることで CFP 情報を AAS に取り込むことができる。また、算出結果を製品 X の PathfinderNetwork\_SM 内の Property に設定することで、PathfinderNetwork の形式としてエクスポートすることも可能である。

この AAS を用いて製品 X の CFP を算出するためには、Scope3 上流を求めてから、cradle\_to\_gate を求める。Scope3 上流は部品の CFP の総和であるため、部品構成情報から各部品の AAS の中にある PathfinderNetwork\_SM 内の CFP 情報を取り出して合計する。Scope3 上流が求まれば、Scope1、Scope2 との合計から製品 X の CFP を得ることができる。この計算では、AAS に含まれる部品構成情報を用いて Scope3 上流の値を求めるため、部品構成が異なる製品に対して CFP を算出することが可能である。また、部品がさらに小さな単位の部品を持つような場合にも適用が可能である。このような場合、部品構成情報は製品をルートノード、部品をノードとするツリー構造を構築する。ある部品の CFP はそのノードが直接持つ子ノードの CFP の合計値から得られる。葉ノードからルートノードに向かって再帰的各ノードに積算処理を適用することで、ツリー構造を参照して製品の CFP が積算値として自動的に得られる。

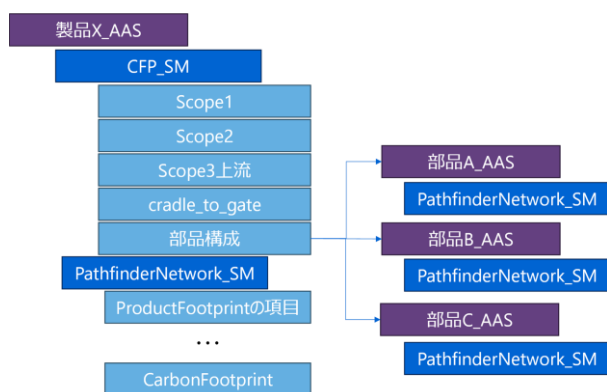


図2 製品 X と部品 A,B,C の AAS の構成例

## 4. AAS 生成ツールにおける実装

### 4.1 CFP 積算

3 章の CFP 算出を AAS 生成ツール[4]により実現する。AAS 生成ツールは AAS を表形式の入力により作成可能なツールである。CFP 算出のために、PathfinderNetwork イン

ポート/エクスポート機能、部品構成情報登録機能 CFP 積算機能を追加し、複数の階層を持つバッテリーをモチーフとしたデータを作成した。図 3 はその結果を表示したものである。左側は作成したデータの部品構成ツリーであり、右側は各部品における CFP である。このようにして計算された CFP はデータシートに反映され、PathfinderNetwork、AAS の両方の形式で出力できることを確認した。

### 4.2 考察

部品構成情報や Scope1、Scope2 の情報は AAS で既に値が格納されているものを前提として、AAS 生成ツールでデータでは手動で値を設定したが、部品構成情報は設計情報、Scope1、Scope2 は製造工程から得られた値をインポートすることでデータ作成の自動化が見込まれる。また、今回は CFP にのみフォーカスしたが、PathfinderNetwork のデータモデルには、CFP 以外にも製品識別情報として多数の項目があり、これらに対しても AAS 内の別の Submodel から対応関係を定義しておくことによって PathfinderNetwork のデータ全体を自動で作成できると考えられる。

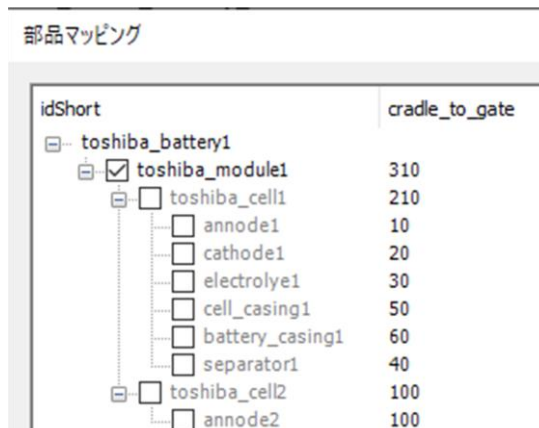


図3 部品構成のツリーと CFP 積算

## 5. おわりに

本稿では、部品構成情報を含む AAS とのデータ相互運用により、PathfinderNetwork 形式で得られた複数の部品の CFP データから製品の CFP データの算出する手法について提案した。提案手法は AAS 生成ツールによって、より複雑な階層を持つ部品構成に対しても積算が行えることを確認した。今後は CFP 算出をバッテリー以外の多様な分野の製品に対して適用していく。

### 参考文献

- [1] <https://www.carbon-transparency.com/> (2024-05-30)
- [2] <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Standardartikel/specification-administrationshell.html> (2024-05-30).
- [3] <https://industrialdigitaltwin.org/en/content-hub/submodels> (2024-05-30)
- [4] L.Yamashita, "An AAS Generation Tool and Its Application to a Data Ecosystem for Carbon Footprint of Products", 情報処理学会 2023 総会.