

ホワイトペーパー

ECLASS要素によるアセット管理シエルの
データセマンティクス・モデリング

本翻訳はドイツPlatform Industrie4.0 およびECLASSの協力のもと、ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会にて翻訳・発行しています。原文は下記を参照してください。

https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Whitepaper_Plattform-Eclass.html

執筆者/寄稿者

Alexander Belyaev, Ifak Magdeburg / Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Dr. Christian Block, ECLASS Head Office

Dr. Birgit Boss, Robert Bosch GmbH

Prof. Dr. Christian Diedrich, Ifak Magdeburg / Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Philippe Juhel, Schneider Electric SE

Dr. Wilfried Hartmann, BASF AG

Oliver Hillermeier, SAP SE

Nikolaus Ondracek, Paradine GmbH

Stephanie Pfeifer, ECLASS Head Office

Frank Scherenschlich, Class.Ing

Josef Schmelter, Phoenix Contact GmbH & Co. KG

目次

| | | |
|-------|---------------------------------------|----|
| 1 | 序文および対象範囲 | 7 |
| 2 | 暗黙的セマンティクスから明示的セマンティクスへの移行..... | 8 |
| 3 | ECLASSの概要 | 11 |
| 3.1 | ECLASS概念データモデル | 13 |
| 3.1.1 | Overview | 14 |
| 3.1.2 | IRDI | 15 |
| 3.1.3 | 構造要素 | 15 |
| 3.1.4 | リリースとリプレゼンテーション | 16 |
| 3.2 | マッピング..... | 16 |
| 3.2.1 | ECLASSリリース間のセマンティック・マッピング | 17 |
| 3.2.2 | ECLASSリプレゼンテーション間のセマンティック・マッピング | 17 |
| 3.2.3 | ECLASS標準と外部標準の間のセマンティック・マッピング | 17 |
| 3.2.4 | セマンティック・マッピングのシリアル化 | 17 |
| 3.2.5 | セマンティック・マッピングの解釈（値変換） | 18 |
| 3.2.6 | セマンティック・マッピングのデータモデル | 18 |
| 3.3 | ECLASSコンテキスト | 19 |
| 3.3.1 | コンテキストなしの構造要素の使用..... | 19 |
| 3.3.2 | ECLASS構造に基づいたコンテキストにおける構造要素の使用 | 20 |
| 4 | アセット管理シエルの概要..... | 21 |
| 4.1 | アセット管理シエル..... | 21 |
| 4.2 | アセット管理シエルのメタモデル..... | 22 |
| 4.3 | パッシブ、リアクティブ、プロアクティブのアセット管理シエル..... | 24 |
| 4.4 | 概念記述を参照するAAS..... | 25 |
| 5 | AASメタモデルの要素に用いるECLASS構造要素 | 26 |
| 5.1 | 概要 | 26 |
| 5.2 | AASサブモデル | 27 |
| 5.3 | AASプロパティ | 30 |

| | | |
|-------|--------------------|----|
| 5.3.1 | カテゴリ | 30 |
| 5.3.2 | 値 | 31 |
| 5.3.3 | 従属プロパティ | 33 |
| 5.3.4 | 多値-単一値 | 34 |
| 5.3.5 | オープン値リスト-クローズド値リスト | 34 |
| 5.3.6 | レベルタイプ | 35 |
| 5.3.7 | 物理単位 | 35 |
| 5.3.8 | データ型マッピング | 36 |
| 5.4 | AAS多言語プロパティ | 36 |
| 5.5 | AASレンジ | 36 |
| 5.6 | AASエンティティ | 37 |
| 5.7 | AAS参照要素 | 37 |
| 5.8 | AASファイルとBLOB | 37 |
| 5.9 | AASサブモデル要素コレクション | 38 |
| 5.10 | AAS関係要素 | 40 |
| 5.11 | AAS能力 | 41 |
| 5.12 | ASS操作 | 42 |
| 5.13 | AASイベント | 44 |
| 5.14 | AAS修飾子 | 46 |
| 6 | サマリーおよび展望 | 48 |

図リスト

| | |
|---|----|
| 図1：暗黙的セマンティクスによる情報交換[3、4] | 8 |
| 図2：明示的セマンティクスによる情報交換[3、4] | 9 |
| 図3：タイプおよびインスタンスに関連した特性の属性による追加コンテキストの転送[3、4] | 10 |
| 図4：ECLASS分類と階層レベル | 12 |
| 図5：プロパティを持つ用途クラスの説明 | 13 |
| 図6：ECLASS概念データモデル | 14 |
| 図7：構造要素..... | 15 |
| 図8：リリースとリプレゼンテーション..... | 16 |
| 図9：セマンティック・マッピングのデータモデル..... | 18 |
| 図10：アセット管理シェルおよびそのサブモデル（©Plattform Industrie 4.0） | 22 |
| 図11：UMLクラス図形式のAASメタモデル（©Plattform Industrie 4.0） | 23 |
| 図12：共通のAASメタモデルを使用した3種類のAAS（©Plattform Industrie 4.0） | 24 |
| 図13：外部概念記述の参照方法..... | 25 |
| 図14：AASサブモデル要素[1] | 27 |
| 図15：ECLASS用途クラスとしてのサブモデルの概念記述のモデリング | 28 |
| 図16：ECLASSにおけるSubmodel-ACの将来の処理概念 | 30 |
| 表1：AASメタ情報モデルに基づくカテゴリ | 30 |
| 図17：異なるカテゴリを持つプロパティのECLASSプロパティへのマッピング | 31 |
| 図18：ValueIdと値（IP65）によるECLASSプロパティの参照..... | 32 |
| 図19：明示的な値220を持つECLASSプロパティの参照 | 33 |
| 図20：単位識別のためのECLASS IRDIの使用（UoM） | 36 |
| 図21：AASサブモデル要素コレクションDuplicates = true..... | 39 |
| 図22：AAS関係要素の概念記述をサポートするために可能なECLASS概念データモデルの拡張に関する提案 .. | 40 |
| 図23：AAS能力をサポートするために可能なECLASS概念データモデルの拡張..... | 41 |
| 図24：AAS操作をサポートするために可能なECLASS概念データモデルの拡張..... | 43 |
| 図25：ECLASS操作クラスとしてのAAS操作のモデリング | 44 |
| 図26：AASイベントをサポートするために可能なECLASS概念データモデルの拡張 | 45 |
| 図27：AAS修飾子のセマンティクスのために可能なECLASS概念データモデルの拡張..... | 47 |

表リスト

| | |
|-------------------------------|----|
| 表1 : AASメタ情報モデルに基づくカテゴリ | 30 |
|-------------------------------|----|

略語/略称

| | |
|--------------|---|
| AAS..... | Asset Administration Shell (アセット管理シェル) |
| AC | Application Class (用途クラス) |
| AML | Automation Markup Language (自動化マークアップ言語) |
| API..... | Application Programming Interface (アプリケーション・プログラミング・インターフェイス) |
| CDD | Common Data Dictionary (共通データ辞書) |
| DLT..... | Distributed Ledger Technology (分散型台帳テクノロジー) |
| I4.0..... | Industrie 4.0 |
| ICD | International Code Designator (国際コード指定) |
| IRDI | International Registration Data Identifier (国際登録データ識別記号) |
| JSON | JavaScript Object Notation (JavaScriptオブジェクト表記法) |
| OPC-UA | Open Platform Communications United Architecture |
| RDF..... | Resource Description Framework |
| REST | Representational State Transfer |
| SI..... | Système international d'unités (国際単位系) |
| URI | Uniform Resource Identifier (統一資源識別子) |
| URL..... | Uniform Resource Locator (統一資源ロケータ) |
| XSD | XML Schema Definition (XMLスキーマ定義) |

1 序文および対象範囲

Plattform Industrie 4.0ではアセット管理シェル（AAS）情報モデルを定義しているが、これはドキュメントシリーズ「Asset Administration Shell in Detail」（アセット管理シェルの詳細）[1、2、3]で解説している。これらのドキュメントは、Plattform Industrie 4.0のライブラリで入手できる。

アセット管理シェルの目的は、価値創造ネットワークのパートナーが、指定された一連の標準化済み情報要素に準拠しつつ、意味のある情報の交換を可能にすることである。さらにアセット管理シェルは、中心的システムなしに、相互に直接やり取りし、標準化された方法でクラウド・インフラストラクチャに接続することができる。

Plattform Industrie 4.0は、意味のあるアセット管理シェルやデジタルツインを作成するための標準化されたセマンティクスの優先辞書としてECLASSを推奨する。AASはその構造を標準化しており、ECLASSは情報要素のセマンティクスを標準化している。これらをデジタルツインの定義に使用するべきである。AASの構造とECLASS辞書を完全な形で相互補完することで、この目的を達成することができる。

本書の目的は、ECLASSのどの構造を使用したら、AASの構造のセマンティクスを定義できるかを明らかにすることにある。したがって本書では、ECLASS概念データモデルという手段の範囲で、AASの各要素を意味論的に記述する方法について要素ごとに説明する。

基本的な前提条件の一つとして、Industrie 4.0における暗黙的セマンティクスから明示的セマンティクスへの移行により、標準化辞書の重要性は大幅に高まった。

ECLASSは常に更新や改善が為されている。Industrie 4.0の発展を積極的にサポートし、貢献するために、AAS要件を満たすのに必要なECLASS概念データモデルで欠落している構造が特定され、本書で取り上げられている。ECLASS概念データモデルをさらに発展させるための提案が為されている。アセット管理シェルをサポートするためのECLASS概念データモデルの拡張案は、斜体で記してある。

ECLASS e.V.は、意味のあるデジタルツインを定義するために必要な要件に従って、ECLASS概念データモデルをさらに発展させることを目指している。本書の発行により、デジタルツインの定義に関する具体的内容は、ECLASS e.V.に移すことが可能となった。詳細については、ECLASSのホームページを参照するか、ECLASS e.V.本部に問い合わせしてほしい。

2 暗黙的セマンティクスから明示的セマンティクスへの移行

今日の一般的産業慣行においては、マシン間通信は、通信パートナーがビットパターンなどの文字を相互に交換できる設計になっている。正しい意味を持つ交換ビットパターンが使用されることを保証するのが、マシンソフトウェア開発者が、データの送信者と受信者の間で交換される文字を同じように理解しているという事実である。

このタイプの交換は、「暗黙的セマンティクス」による情報交換と呼ばれる。両方の通信パートナーは交換される情報の意味を知っている（図1を参照）。

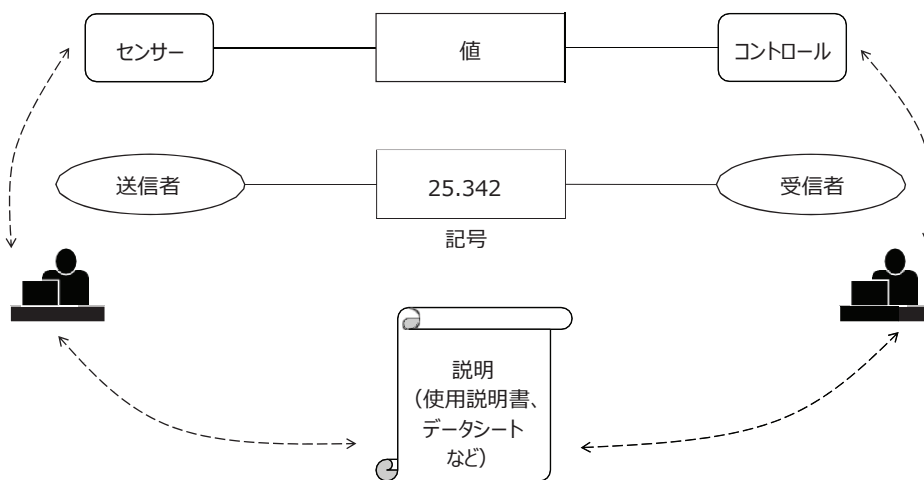


図1：暗黙的セマンティクスによる情報交換[3、4]

相互交流するパートナー間でプロパティの識別子とその値さえ交換されれば、そのプロパティのセマンティック定義を参照して、転送された値のコンテキストが提供される。この種の情報交換は、明示的セマンティクスによる情報交換と呼ばれる（図2を参照）。

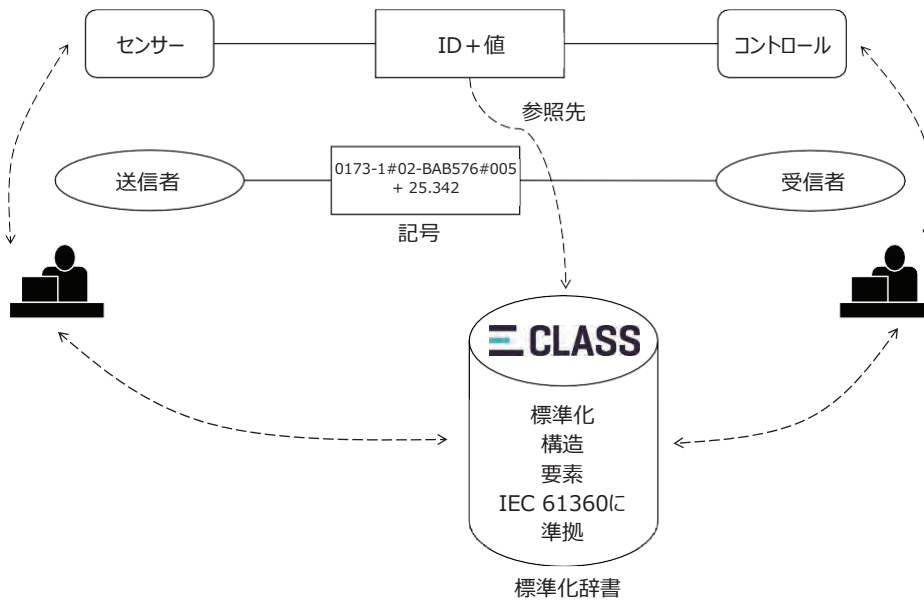


図2：明示的セマンティクスによる情報交換[3、4]

相互交流の当事者が、ある特性の同じセマンティクスモデルを使用する場合、識別子と値を介した情報交換が可能となる。一意の識別子は概念記述（Concept Description）を参照する（たとえば、ECLASSの構造要素。特定の識別子については3.1.2を参照）。特性の概念記述には、名称、定義、SI単位、値の形式、データ型および特性の存続期間を通じて変更不可能なその他の属性が含まれる場合がある。これは、特に実際の意味を説明するうえで役立つ。

したがって概念記述は、値の意味を理解するために必要な最小限のコンテキストを提供する。

ただし、測定した値や単位といった属性が存在しており、特性の個々の用途ごとに（つまり、特性のインスタンスごとに）異なることがあり得る。さらに、タイムスタンプや、値の有効性（いわゆるステータス）に関するステートメント、ステートメントロジック（より小なり、等しい、より大なり）、属性ステートメント（保証、要求、測定値、設定値、推定値、計算値）などその他の属性を個々の用途に追加することも可能である。

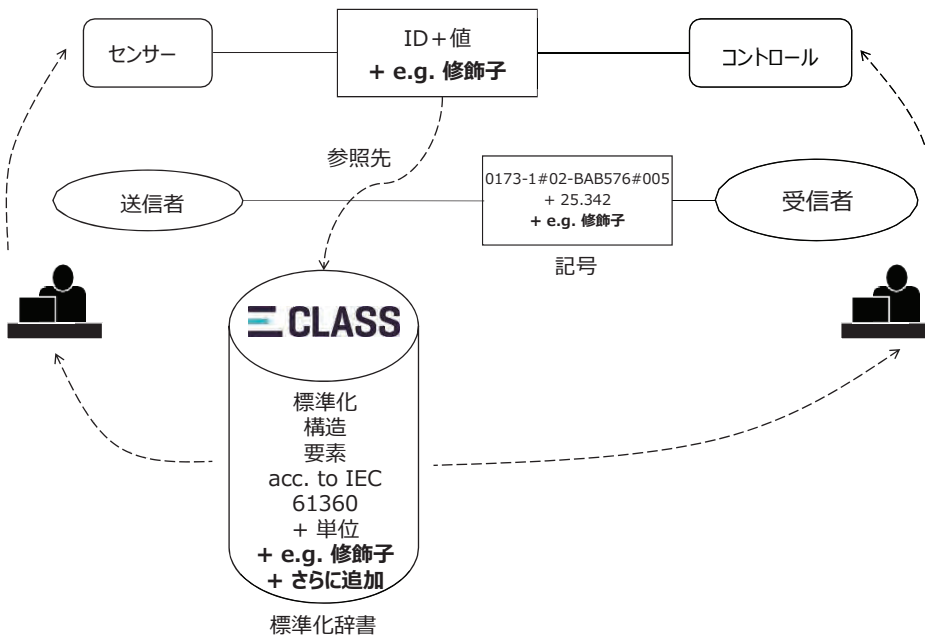


図3：タイプおよびインスタンスに関連した特性の属性による追加コンテキストの転送[3、4]

これは、（概念記述を参照する）セマンティック識別子および値と追加属性が組み合わされて情報交換で送信される可能性があることを示している。その結果、交換されたデータは、修飾子（Qualifier）などの追加コンテキストや意味でエンリッチ化される（図3を参照）。転送可能な値の意味を理解するには、ある時点に関連して、特性のその時点での側面を参照することになるこの情報を指定する必要がある。ただし、これらのインスタンス関連属性は、標準化された形式でも使用できることが必要である。

3 ECLASSの概要

ECLASSの目的は、標準化された製品記述の分類により、業界の枠を超えた電子的データ交換の簡略化にある。現在、ほぼすべての業界に関係する組織や公的機関など合計約150団体がECLASS協会の会員となっている。ECLASSの最も重要かつユニークな特徴は、製品やサービスならびにそれらの特性について、明確で、言語に依存せず、機械可読形式で、産業に依存しない説明を提供できることにある。現在、約45,000の製品クラスがあり、4つのレベルに分けられている。第4レベルでは、一連のプロパティが割り当てられる。その一連のプロパティは、ECLASS辞書（ECLASS Dictionary）の明確に定義された19,000個のプロパティからなる集合として生成される。世界中で取引されている物品やサービスの多くはECLASSによって分類されている。その一方で、数千に上る企業が国内および国外でECLASSを使用している[5]。

ECLASSプロパティ記述の本来の用途分野は、購入および販売のための製品ならびにコンポーネントの分類であった。現在では、エンジニアリングやスマート・マニュファクチャリングなど、新しい用途分野が生まれてきている。産業のデジタル化においては、セマンティック標準化が基本的役割を果たしている。ECLASSは、世界で最も幅広いコンテンツを持つセマンティック辞書である。

この後の各項では、ECLASS標準の主要概念と要素を取り上げ説明する。ECLASS概念データモデルの詳細な説明は[6、7]で確認できる。

ECLASSの最も重要なコンポーネントの1つが製品およびサービスの分類である。ECLASSは、分類クラス（Classification Class）の4つの階層で構成されており（即ち、ツリー構造）、第1レベルが最も一般的で、第4レベルが最も限定的である。そのため、「数学的」依存関係にかかわらず、技術的階層や商業的階層、その他の階層を構築することができる。これらの階層レベルは上から順に次のように呼ばれている。

- セグメント（Segment）
- メイングループ（Main Group）
- グループ（Group）
- サブグループ（Sub-Group）またはコモディティクラス（Commodity Class）

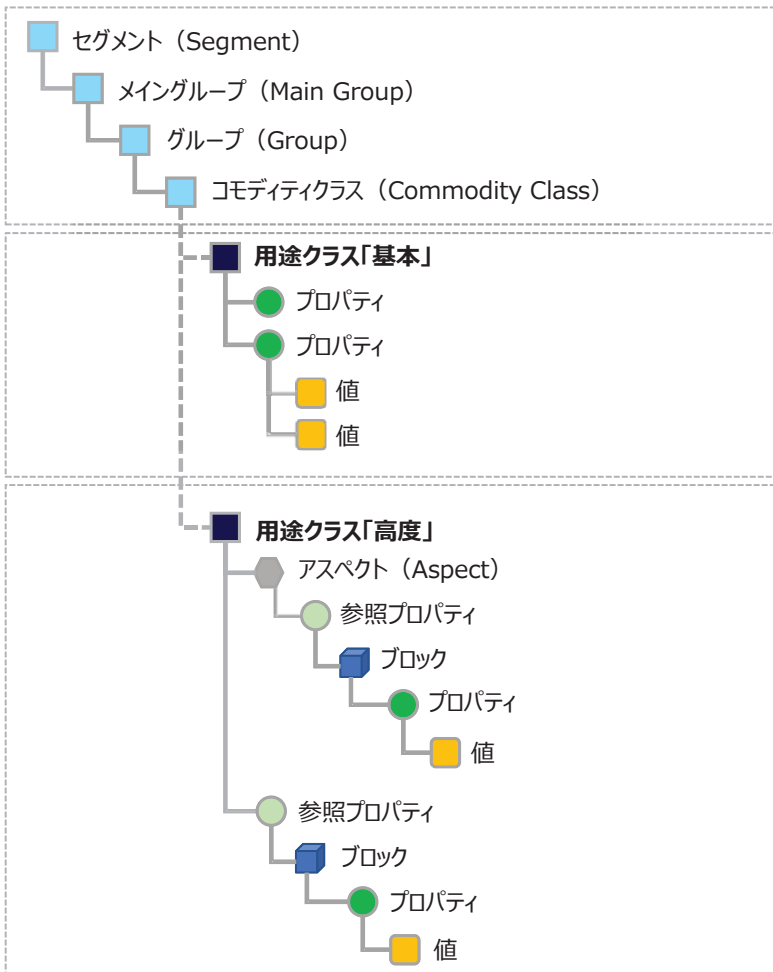


図4：ECLASS分類と階層レベル

分類クラスの階層は、コード化された名称（クラスコード）を使って表す。コード化された名称は階層レベルごとに2桁とし、合計8桁の整数で構成されている。後続のゼロの数は、階層のレベルを示す。例：16-00-00-00（セグメント「食品、飲料、タバコ」）、16-04-00-00（メイングループ「果物」）、16-04-03-00（グループ「ベリー系果物」）、16-04-03-01（コモディティクラス「ブラックベリー」）。このようにして、すべての製品または分類クラスを一意的識別子（クラスコード）で識別することができる。次に、コモディティクラスまたは製品グループ（または用途クラス）について、第4レベルのプロパティとプロパティ値を使用して説明する。プロパティ値は製品記述の基礎である。ECLASS標準に関する詳細については、右のサイトを参照のこと：<https://www.eclass.eu/en/standard/search-in-eclass.html>

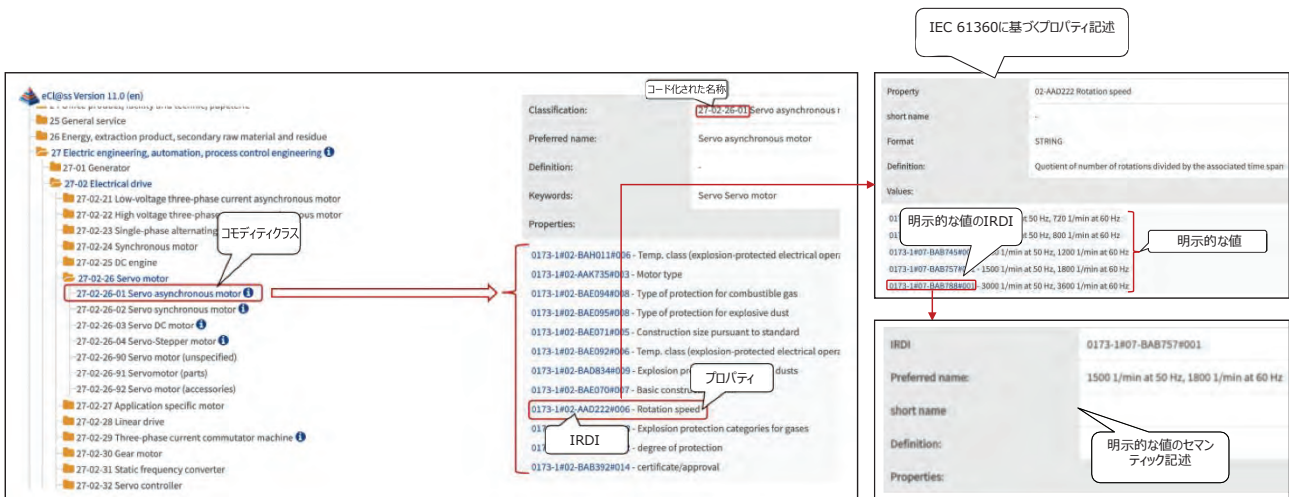


図5 : プロパティを持つ用途クラスの説明

3.1 ECLASS概念データモデル

本項では、ECLASS辞書の概念データモデルの概要を説明する（図6を参照）。詳細な説明については、公式のECLASSドキュメント[6、7]を参照のこと。本項は、その公式ドキュメントからの抜粋である。

3.1.1 Overview

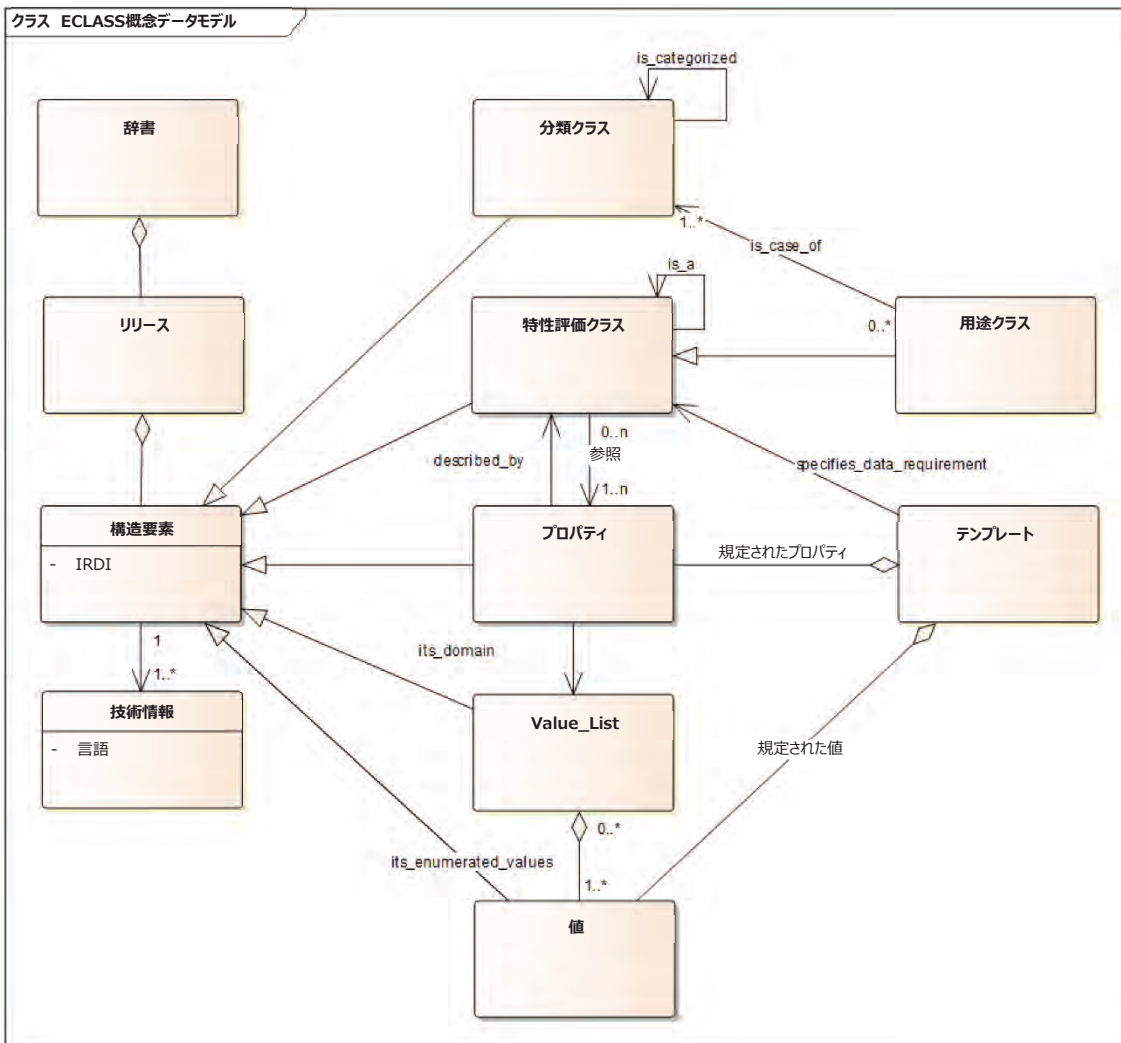


図6 : ECLASS概念データモデル

ECLASSは、製品記述と製品分類に使用する公式のセマンティック辞書である。

ある概念が、同じプロパティセットによって記述できる一つの製品クラスを表す場合、その製品クラスは特性評価クラス（Characterization Class）であり、用途クラスとして識別され、1つの分類クラスに分類される。

プロパティに割り当てられたすべての値の列挙は、構造要素値（Structure Element Value）リストである。

特性評価クラスには、そのクラスの正式なデータ要件仕様（ISO 22745-30に準拠）を定義するテンプレートが0から複数個含まれることがある。

3.1.2 IRDI

ECLASSでは、ECLASS標準に含まれるすべての構造要素に対して、世界共通の一意的識別子を使用する。この世界共通の一意的識別子は、IRDI（International Registration Data Identifier = 国際登録データ識別子）と呼ばれる。IRDIは、ある要素のセマンティクスがシステム全体で一意的であることを確認するために使用される。

IRDIは、国際規格のISO/IEC 11179-6、ISO 29002、ISO 6532に準拠している。登録機関に登録されている組織はすべて、一意的ICD（International Code Designator = 国際コード指定子）を持っている。ECLASSの場合は「0173」である。ECLASS辞書には、分類クラス、用途クラス、プロパティ、測定単位、プロパティ値（コード化された値の場合）、値リスト、アスペクト、ブロック、テンプレートなど、すべての構造要素のIRDIが用意されている（[8]も参照）。たとえば、IRDI 0173-1#02-AAO677#002は、「メーカー名」を定義するプロパティを意味する。

詳細については、3.3項を参照のこと。

3.1.3 構造要素

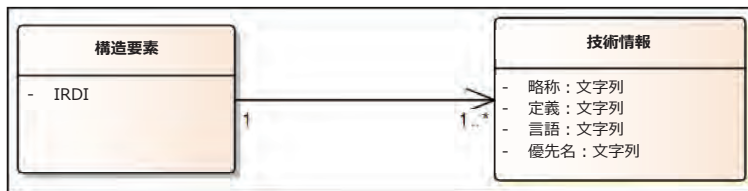


図7：構造要素

構造要素は、ECLASS辞書内の実際の概念のセマンティック表現（semantic representation）を提示する。構造要素はIRDIによって一意に識別する。詳細については、次項を参照のこと。

人間が理解できるように、各構造要素は翻訳可能な用語情報によって記述されている。

3.1.4 リリースとリプレゼンテーション

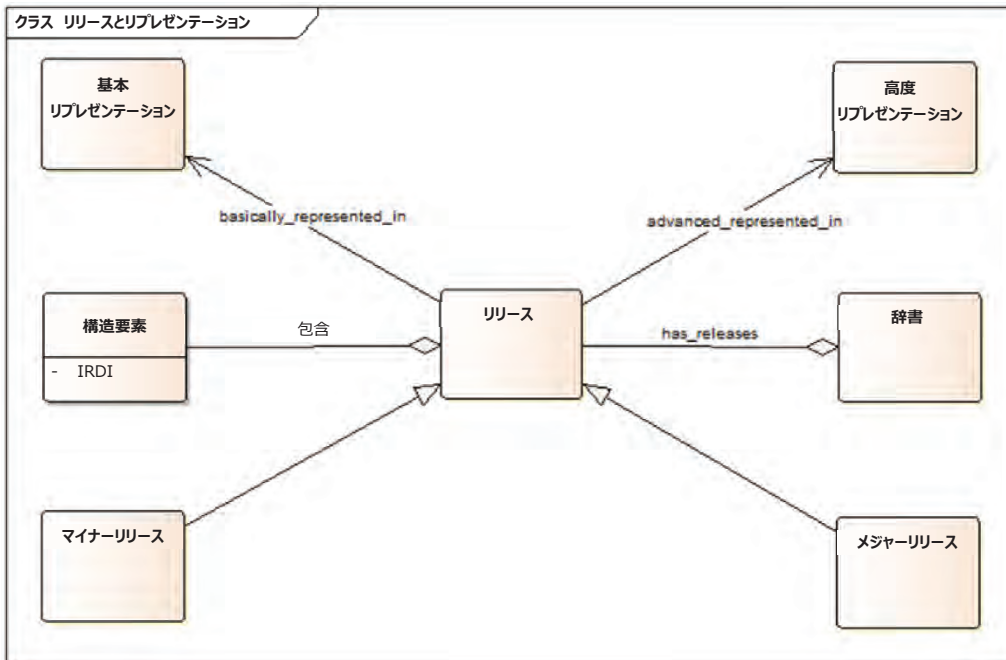


図8 : リリースとリプレゼンテーション

ECLASSは、製品記述と製品分類に使用する公式のセマンティック辞書である。

ECLASS辞書はリリースで管理保守する。各リリースには、広範囲で再現可能な一連の構造要素が含まれている。

ECLASSは、リリースのコンテンツのビジネスルールに応じて、マイナーリリースとメジャーリリースに区別される。

リリースには、基本リプレゼンテーションと高度リプレゼンテーションの2種類がある。

3.2 マッピング

ECLASS標準は、製品の分類と記述の定義、およびセマンティック辞書としての交換に加えて、セマンティック・マッピングを統合する。セマンティック・マッピングは、辞書間や辞書リリース間で作成される。

ECLASS標準内のセマンティック・マッピングは次のように分けられる。

- ECLASSリリース（例：リリース11.1～12）
- ECLASSリプレゼンテーション（基本から高度へ）
- ECLASS標準および外部標準（例：ECLASSからETIMへ、ECLASSからIEC CDDへ）

これらのセマンティック・マッピングは、ECLASSリリース、ECLASSリプレゼンテーション、ECLASS標準/外部標準の間の製品記述と分類の自動変換（「トランスフォーメーション」）をサポートしている。

3.2.1 ECLASSリリース間のセマンティック・マッピング

ECLASSリリースの生成中に、ECLASSリリース更新プロセス（[9]を参照）で使用できるセマンティック・マッピングが作成され、ECLASSメジャーリリースxから後続のリリースx+1への製品データの変換が簡略化され、容易になる。

3.2.2 ECLASSリプレゼンテーション間のセマンティック・マッピング

ECLASSリリース生成の後、セマンティック・マッピングが生成される。たとえば、[BASIC AC ID] - [Property1 ID]のパスは、[ADVANCED AC ID] - ([Aspect1 ID]) - ([Block1 ID]) - [BlockNID]-[Property 1 ID]のパスにマッピングされる。詳細については、[10]を参照のこと。

このマッピングは、ECLASSの1つのリリース内で、基本的コード化（Basic Encoding）から高度コード化（Advanced Encoding）への変換のサポートに使用される。

3.2.3 ECLASS標準と外部標準の間のセマンティック・マッピング

ECLASS標準と外部標準の間のマッピングには、ECLASSからETIMへのマッピングなどのクロス・スタンダード・マッピングが含まれる。

これらのマッピングは、ECLASSに基づく製品記述の外部標準のコード化への変換をサポートするのに使用される。

3.2.4 セマンティック・マッピングのシリアル化

製品記述間のセマンティック・マッピングのシリアル化は、トランザクション更新ファイル（Transaction Update File）と呼ばれる（[11]を参照）。

製品分類間のマッピングのシリアル化は、分類更新ファイル（Classification Update File）と呼ばれる（[12]を参照）。

どちらのマッピングも[13]のスキーマに準拠している。

3.2.5 セマンティック・マッピングの解釈（値変換）

セマンティック・マッピングは、所与の値コード化（たとえばECLASS 8.1に基づく）から変更を施した値コード化（たとえばECLASS 9に基づく）に変換するための基礎となる。

マッピングは、ソース辞書のセマンティクスに基づいて、値コード化を送信先辞書コード化に変換するものと解釈される場合がある。参照アルゴリズム[14]は、そうしたトランスフォーメーションの例である。

ECLASSによって、マッピングプランの解釈をターゲットシステム内に実装することができる。

3.2.6 セマンティック・マッピングのデータモデル

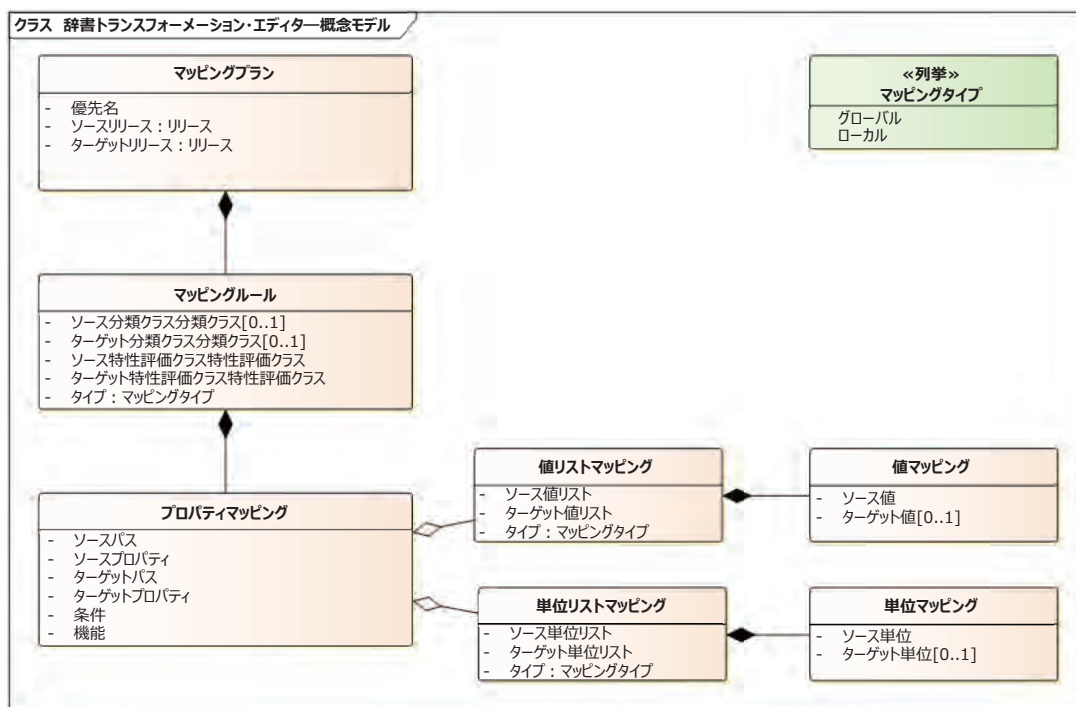


図9：セマンティック・マッピングのデータモデル

セマンティック・マッピングは、（辞書の）リリースを（辞書の）別のリリースにマッピングする、いわゆるマッピングプランに集約される。

マッピングプランは、特性評価クラスの間における一連のマッピングルールで構成されている。マッピングルールは、ソースパスから送信先パスへのパスマップを定義する。マッピングルールは特性評価クラスのペアごとに確立され、それらの特性化クラスのコンテキストにおいて構造（プロパティ、値、単位）をマッピングする一連のプロパティマッピングを作成する。

プロパティマッピングは、たとえば値の変換中に、特定の条件が適用される場合にのみマッピングが（主にプロパティ値に）適用されるなど条件付きの場合がある。

プロパティマッピングは、解釈中に値を変換するために使用される数学関数を伝達する場合がある。

データ型によっては、プロパティマッピングは、値リスト・マッピングセットや単位リスト・マッピングセットで構成されることがある。値リストと単位リストのマッピングはグローバルである可能性があり、これは、すべての出来事のコンテキスト（特性評価クラスなど）に関係なく、マッピングが適用されることを意味する。

3.3 ECLASSコンテキスト

ここまでは、ECLASSとそれに含まれる機能全般について説明してきた。基本的構造を理解することは重要である。ただし、最終用途でECLASSがどのように使われるかや、ECLASSに基づく用途というコンテキストでプロパティの意味論的一意性がどのように付与されるかを理解することも重要である。

一般にECLASSで、プロパティが発生するのは特性評価クラス（用途クラス、ブロック、アスペクト）ごとに1回だけである。ただしECLASSにおけるプロパティはさまざまなコンテキストで使用することができる。即ちプロパティは、たとえば1つの用途クラスに属するブロックなど複数の特性評価クラス内で再利用することが可能である。ここで、用途クラスによって、ルートコンテキストが定義されることがある。さらに、各ブロックはプロパティのサブコンテキストを定義し、プロパティの意味を拡張する。2つの基本的アプローチを区別することが可能である。

3.3.1 コンテキストなしの構造要素の使用

ECLASS概念データモデルではコンテキスト参照付きのプロパティを使用することがあるが、スタンドアロン要素としてコンテキストなしの構造要素を使用することも可能である。その結果、「電流」という特性を、アセット記述において単位（アンペアなど）と共に電流として識別することができる。ただし、それが入力電流であるか出力電流であるかなどを判断することはできない。このことは、入力用と出力用の2つのプロパティ「電流」を定義することで解決できる。

3.3.2 ECLASS構造に基づいたコンテキストにおける構造要素の使用

上記段落にあるような特定のプロパティの定義に加えて、セマンティック特殊化 (semantic specialization) をプロパティのコンテキストに含めることも可能である。これは、たとえば出力を記述するブロックで、「電流」というプロパティを使用することで可能になる。「出力」ブロックのコンテキストは、出力電流を意味することを明確にする。この例は、デジタルツインの定義にECLASSの構造要素を使用するとき、失ってはならない重要情報がコンテキストから得られることを明確に示している。さらに複雑なのは、ポリモーフィズムのコンテキストで別のプロパティを介してのみ出力型になる汎用コネクタブロックの使用である。さらに、複数の出力がある場合、マシンはそれがどのポートとどの電流であるかを意味論によって判定することができない。これは、ECLASS標準のカーディナリティのモデリング機能によって可能となる。

注記：次の段落では、AAS内でのECLASSの用途について説明する。AASの概要については、4項を参照のこと。

使用されたECLASS構造要素のコンテキスト情報をAASにおいて失わないようにするため、AAS要素は、親要素がネスティングされた要素のコンテキストを定義するECLASS構造内の特定のパスに対応するものでなければならない。

たとえば、本書（5項）で定義されている特定のAAS要素のセマンティクスを定義する所定の方法とは無関係に、ECLASS特性評価クラスをサブモデルのセマンティクスとして使用することができる。さらに、この特性評価クラスを記述するECLASSプロパティは、ネスティングされたサブモデル要素である場合がある。このとき、サブモデルのsemanticId (セマンティックID) は特性評価クラスのIRDIを指し、サブモデル要素のsemanticIdはECLASSプロパティのIRDIを指す。ただし、アスペクト、ブロック、カーディナリティ、ポリモーフィズムなどのECLASS高度モデリング概念 (Advanced Modeling Concept) ではさらに複雑性が高まる。

ここで、本書の執筆者らは[15]に記載されているIRDI-Pathというアイデアを引き継ぐことを提案しているが、絶対パスとしてではなく、AASの現行コンテキストの相対パスとして使用することになる。これにより、AAS要素は特定のパスに対応することになり、明確なセマンティクスとセマンティクスとしての一意性を獲得する。その結果、semanticIdのキーと同じIRDIを持つサブモデル要素を意味論によって相互に区別することができるようになる。

注記：ここで、ブロックのようなECLASS特性評価クラスはプロパティによってのみ記述される点に注意しなければならない。たとえば、ブロックを特性評価クラスにリンクしたり、ブロックをブロックに埋め込んだりするために、ブロックは、ECLASSの参照プロパティを介してリンクされる。したがって、2つの一意のIRDIを持つ2つの構造要素がECLASS辞書内に存在する。ただし、このプロパティは特定のブロックを再度指し示すものであることから、参照プロパティのIRDIのみが使用されることになる。解釈の間、参照プロパティの知識がAASで使用される。したがって、一意のパスはAC-IRDI/Ref-IRDI/Ref-IRDI/Property-IRDI のようになり、AC-IRDI/Ref-IRDI/Block-IRDI/Ref-IRDI/Block-IRDI/Property-IRDIにはならない。

4 アセット管理シエルの概要

将来の産業界では、コンポーネントやデバイス、アプリケーションが相互に通信したり作用したりして、中心的なシステムがなくても、企業や業界の枠や国境を越えてシームレスかつ相互運用可能な形での連携が可能になる。Plattform Industrie 4.0は、このようなビジョンを実現するための具体的な技術コンセプトと仕様を規定している。セマンティック相互運用性の中心概念がアセット管理シエル（AAS）である。

4.1 アセット管理シエル

AASは、Industrie 4.0の「デジタルツイン」の実装であり、ベンダー間の相互運用性と相互作用を可能にする。Industrie 4.0においては、アセットはAASによりデジタル形式で表される。これには、AASがサポートする新しいデジタル・ビジネス・モデルとユースケースを実現するために必要なすべての情報と機能の記述が含まれる。

AASの主要な機能要素はサブモデルである。サブモデルは、表現対象のアセットに対して提供される特性、構成パラメータ、状態、能力およびサービスを代表し、マシンでの解釈が可能な形式で記述する、標準化された要素の標準化されたセットである。このようなサブモデルが、相互運用可能な企業間の情報交換の基盤となる。次に挙げるタイプの情報は、サブモデルで表現することができる[1]。

- 製品特性：多くの場合、カタログデータなど、アセットや製品タイプの静的特性である。製品インスタンスの静的データ（たとえば製品のシリアル番号）も定義できる。
- プロセス変数およびパラメータ、テレメトリデータ：これらは、アセットタイプの、ある特定のインスタンスの動的な値である。
- 外部データソースまたはファイルの参照：外部システムに保存されている情報の統合を可能にする。BLOBはサブモデル内に直接保存できる。
- 同じAASまたは他のAAS、あるいはそれらのパーツ（たとえば、サブモデルや単一のサブモデル要素）内の参照および関係、ならびに他の付加価値パートナーとの関係：とりわけ、刊行物「Relationships between I4.0 components - composite components and intelligent production」（I4.0コンポーネント間の関係-複合コンポーネントとインテリジェント生産）[16]で説明されているように、複合コンポーネントの構築に使用することができる。

- I4.0コンポーネントの技術的機能と関連操作の説明：アセットの機能とパラメータ化を指定し、関連メソッドの実行を可能にする。
- リストや表などの特性のコレクション：コレクションを使用することで、複雑な特性構造を実装でき、またコレクションはサブモデル内での構造化に使用される。

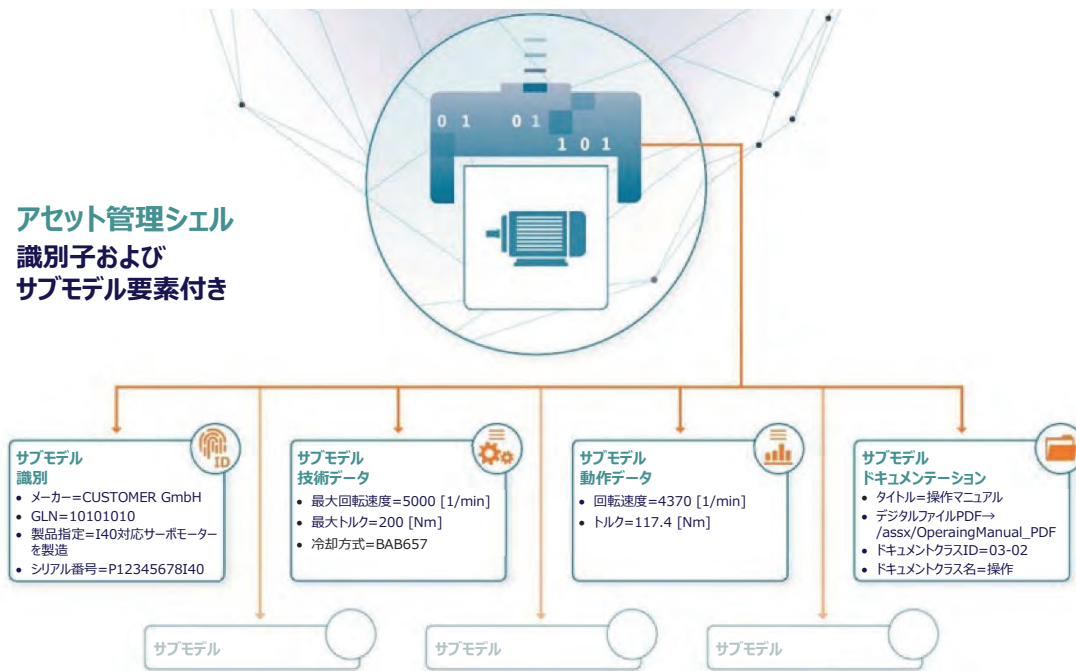


図10：アセット管理シェルおよびそのサブモデル（©Plattform Industrie 4.0）

すべてのサブモデル、サブモデル要素コレクションおよびその他の全サブモデル要素について、それらのセマンティック記述が明確に定義されていて、相互作用パートナーへのアクセスが可能であることが重要である。それは、特定のサブモデルまたはサブモデル要素のセマンティクスを定義する概念記述を参照することで実現できる。そのような概念記述は辞書に含まれている。それらの辞書には、IEC 61360などのセマンティック標準に準拠した標準化済みデータ要素が含まれている。Plattform Industrie 4.0は、AASの要素のセマンティック定義の優先辞書としてECLASSを推奨している。

4.2 アセット管理シェルのメタモデル

AASメタモデル（図11）は、UMLクラス図の形式で表されている。ボックスはクラスを意味する。クラス間の関係は、異なる終了記号の付いた線として表示されている。図に含まれていない継承クラス（Inherited Class）は、右上隅に一覧表示される。

AASの主要部分は、一方ではそれが表すアセットに関する情報（「AssetInformation」クラス）であり、他方ではそのサブモデル（「Submodel」クラス）である。

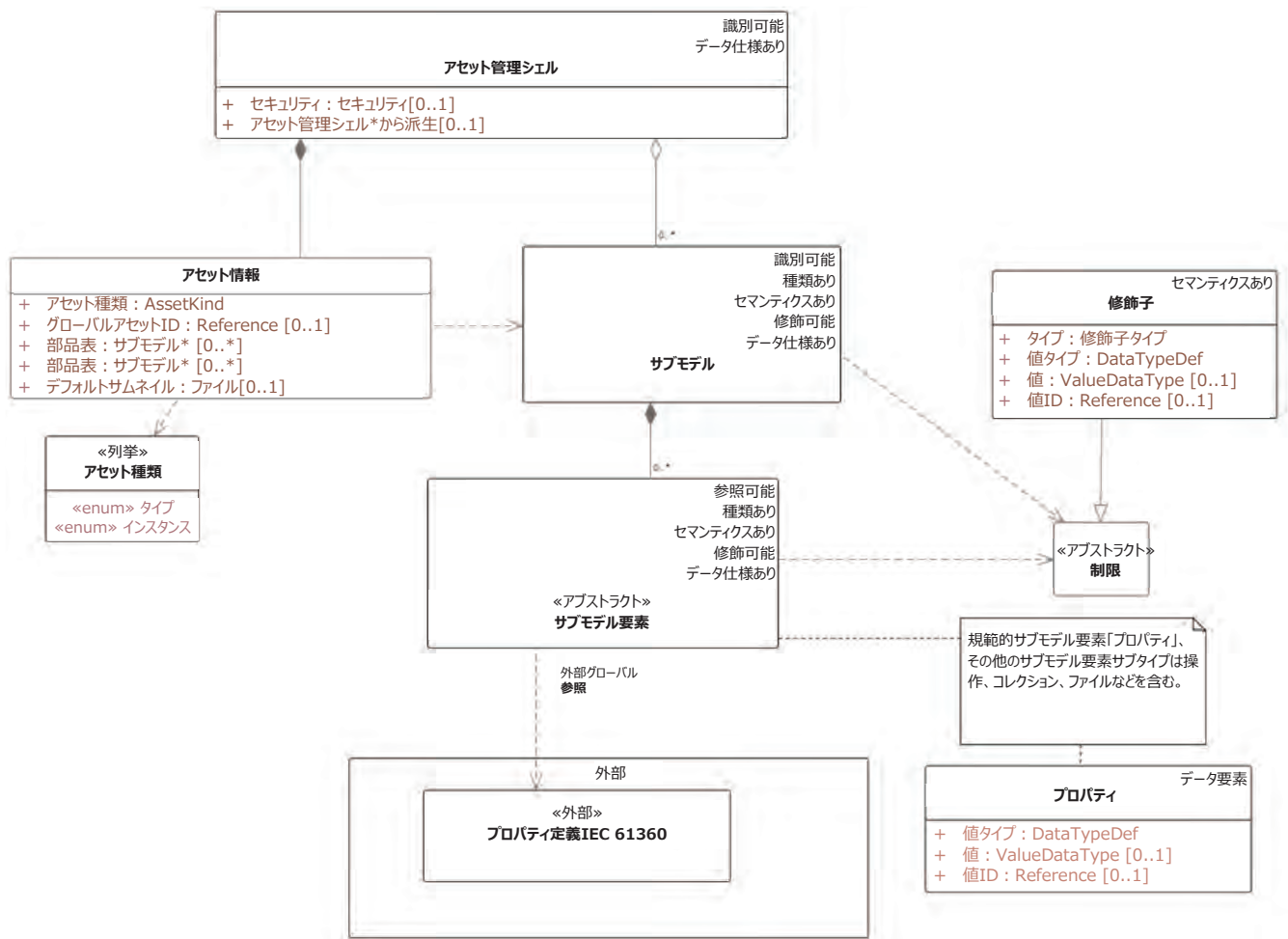


図11 : UMLクラス図形式のAASメタモデル (©Plattform Industrie 4.0)

サブモデルは、サブモデル要素（「SubmodelElement」クラス）で構成されている。典型的なサブモデル要素はプロパティである。ただし、関係、操作、ファイルなど、他のサブモデル要素もサポートされている。詳細については、ドキュメントシリーズ「Asset Administration Shell in Detail」（アセット管理シェルの詳細） [1]を参照のこと。サブモデルやサブモデル要素は修飾することができる（「HasQualifier」継承クラス）。

4.3 パッシブ、リアクティブ、プロアクティブのASET管理シェル

デジタルツインは、パッシブ、リアクティブ、プロアクティブのAASとして実装できる（図12を参照）。

- **パッシブ**AASは「Details of the Asset Administration Shell - Part 1」（アセット管理シェルの詳細—パート1） [1]で取り上げており、XML、JSON、RDF、AML、OPC-UAノードセット形式でシリアル化し、パートナー間において、標準化ファイル交換フォーマット（AASX）を介して交換することができる。通常、静的な製品情報を含んでいる。
- **リアクティブ**AASは「Details of the Asset Administration Shell – Part 2」（アセット管理シェルの詳細—パート2） [2]で取り上げており、標準化されたインターフェイスを介してデータにアクセスすることができる。さまざまなテクノロジーのAPIを指定することが計画されている。違いは、AASの内部構造（サブモデルなど）が、インターフェイスを介してより上位のエンタープライズ情報システムで利用できるようになっている点である。インターフェイス設計は、選択するテクノロジーによって異なるものとなる。リアクティブAASは、さまざまな方法で展開できる。たとえば、エッジ、オンプレミス、パブリッククラウドなどで実行可能である。
- **プロアクティブ**AASの概念はエージェントの概念に準拠し、AASの特定の自律性または意思決定能力に基づいている。そのため、分散型プロセスや水平ピアツーピア相互作用ネットワークの設計に有用である。（[3、4]も参照）。

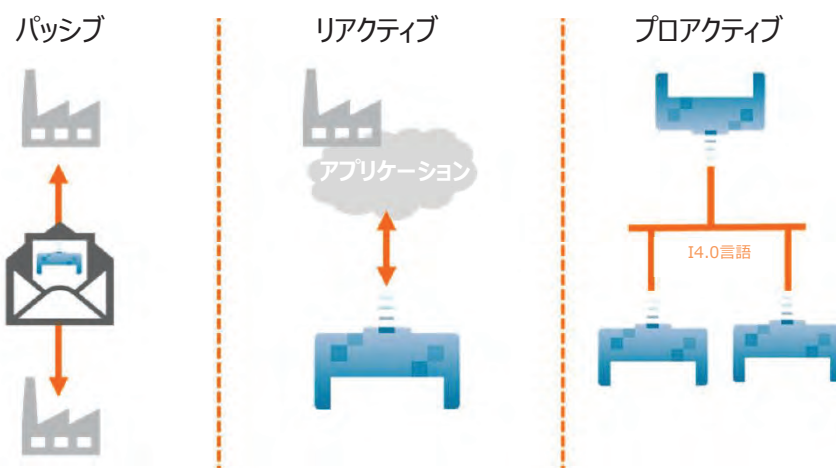


図12：共通のAASメタモデルを使用した3種類のAAS（©Plattform Industrie 4.0）

4.4 概念記述を参照するAAS

本書においては、AASのメタモデル内の要素の最重要属性は、「HasSemantics」クラスによって継承される属性「semanticId」である。

その例を図13に示す。「MaxRotationSpeed」というAASプロパティは、「2000」という「値」とsemanticIdの組み合わせで構成されている。semanticId属性の値は、ECLASSの概念記述のIRDIでなければならない。ECLASS概念記述のこの情報がないAASプロパティでは、「2000」という値の意味や物理単位について何も示すことができない。ECLASSの概念記述を調べることによって、その意味がはじめて明らかになる。それは、モーターやフィード装置の動作における最大回転速度である。単位は1/min（1分当たりの回転数）である。タイプはINTEGER_MEASUREである。

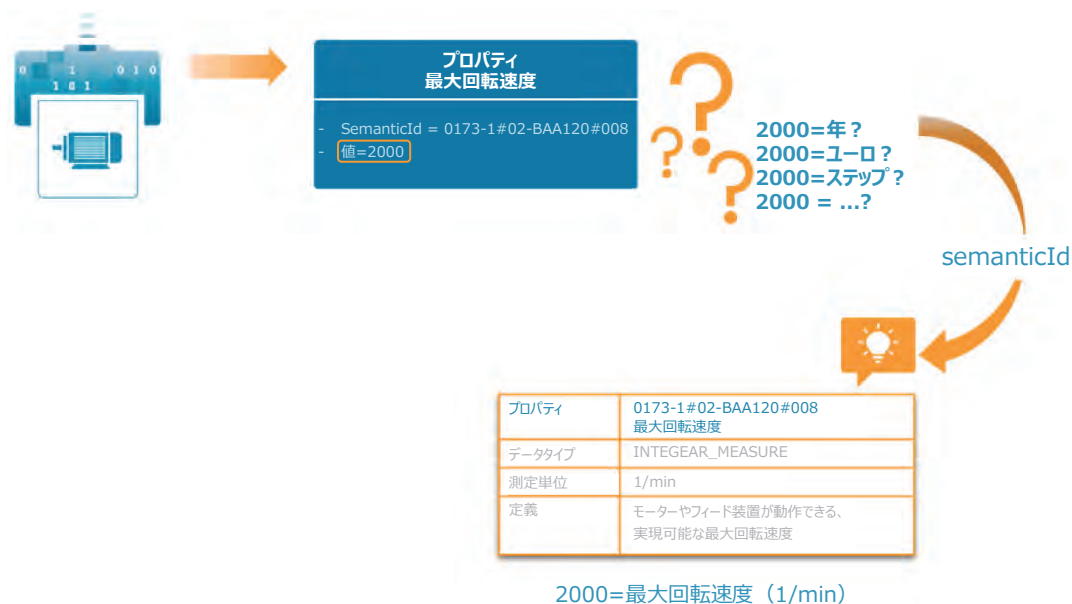


図13：外部概念記述の参照方法

AASプロパティやその他の要素のセマンティクスは、ECLASSなどの外部辞書エントリを参照するか、AASの範囲で定義された概念記述を参照することによって定義できる。AAS概念記述は、オリジナルのものもあれば、ECLASSなど外部辞書のエントリからのコピーもある。

概念の記述は標準化されたスキーマに従い、AASのデータ仕様テンプレートとして提供される。現在、プロパティの概念記述用に事前定義されたデータ仕様テンプレートが利用可能で、IEC 61360をサポートしている。

5 AASメタモデルの要素に用いるECLASS構造要素

本項では、semanticIdの定義が可能なAASのサブモデルや各種サブモデル要素、その他の要素を定義するために、ECLASS概念データモデルのどのECLASS構造要素を概念記述として使用することができるかについて説明する。すべての要素を含む完全なAASメタモデルを用意するためには、ドキュメント[1]を使用すること。

5.1 概要

AASの重要な機能要素はサブモデルであり、それはマシン解釈可能形式による記述的プロパティ（descriptive property）、構成パラメータ（configuration parameter）、変数、ファイル、提供機能、アセット操作を包含している。サブモデルは、アセットの特定の аспекトを記述する情報モデルである。最善のケースでは、サブモデルは標準に準拠する。サブモデルは、サブモデル要素の構造化されたセットで構成されている。図14に、可能なサブモデル要素の概要を示す。この後、個々のサブモデル要素をECLASS概念データモデルの構造要素によって表現する方法を説明する。さらに、サブモデルとサブモデル要素は修飾することができる。修飾子については、ECLASSで構造要素を定義する方法として説明する。場合によっては、AASメタモデルの必要な要素がIEC 61360およびECLASSのいずれにおいてもサポートされていないことがある。そのような場合、ECLASS概念データモデルの拡張を可能にする案が提示される。提案は斜体で書かれ、対応する図やUMLで特別なマークを付けて示される。

すべてのサブモデル要素にsemanticIdがある。「HasSemantics」クラスの属性であるsemanticIdは、サブモデル、サブモデル要素、修飾子、ビューによって継承され、また一意の識別子のリファレンスとなる。識別されたエンティティは概念記述である。[1]で、拡張機能と外部アセットIDが紹介されている。これらの要素にもsemanticIdがある。簡略化のため、本書では、semanticIdとHasSemanticsだけでなく、semantic reference（セマンティック参照）も同じ意味で使用している。

ECLASSは、このsemanticIdの推奨標準である。本書では、AASのすべてのサブモデル要素を分析し、ECLASSのどの要素を参照するべきかを提示する。言い換えると、AAS要素の概念記述を、ECLASSの要素でどのように定義することができるかということである。一般に、順守すべき原則は、標準化されたECLASS要素を使用してセマンティクスを明示的に作成することである。

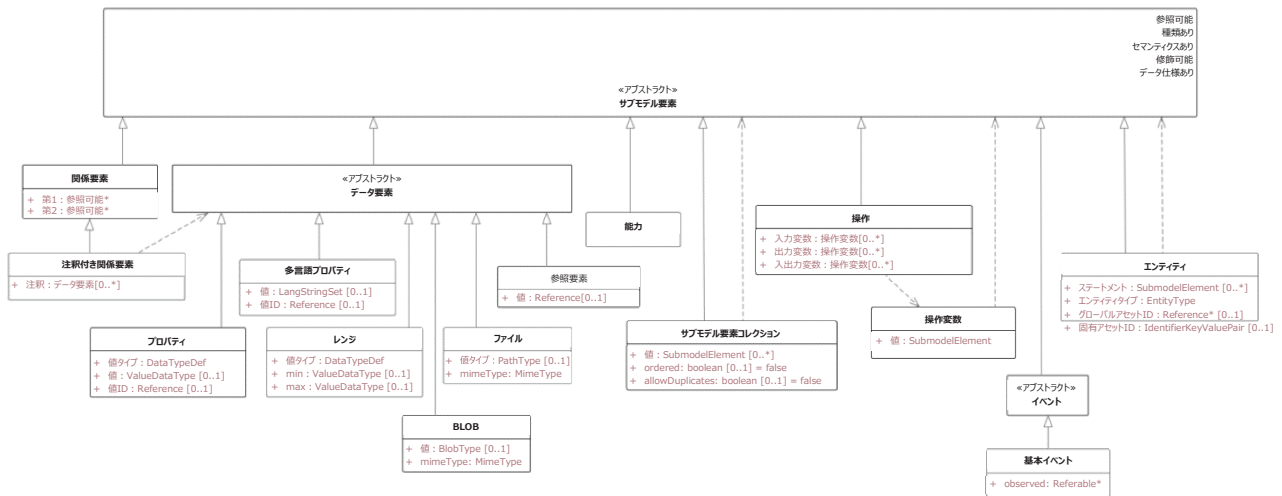


図14 : AASサブモデル要素[1]

5.2 AASサブモデル

ECLASSには、分類クラス、用途クラス、アスペクト、ブロックなど、サブモデルに類似した要素が複数あるが、ECLASSの別の辞書を介してサブモデルの標準化を明示的にサポートすることを推奨する。用途クラスは、サブモデル・テンプレートを表すと考えられている。（基本および高度）ECLASS辞書が、サブモデルで使用される可能性のあるプロパティやブロック、アスペクトなどの構造要素を提供する場合、セマンティック・マッピングを定義する必要がある。図15にその概念を示す。

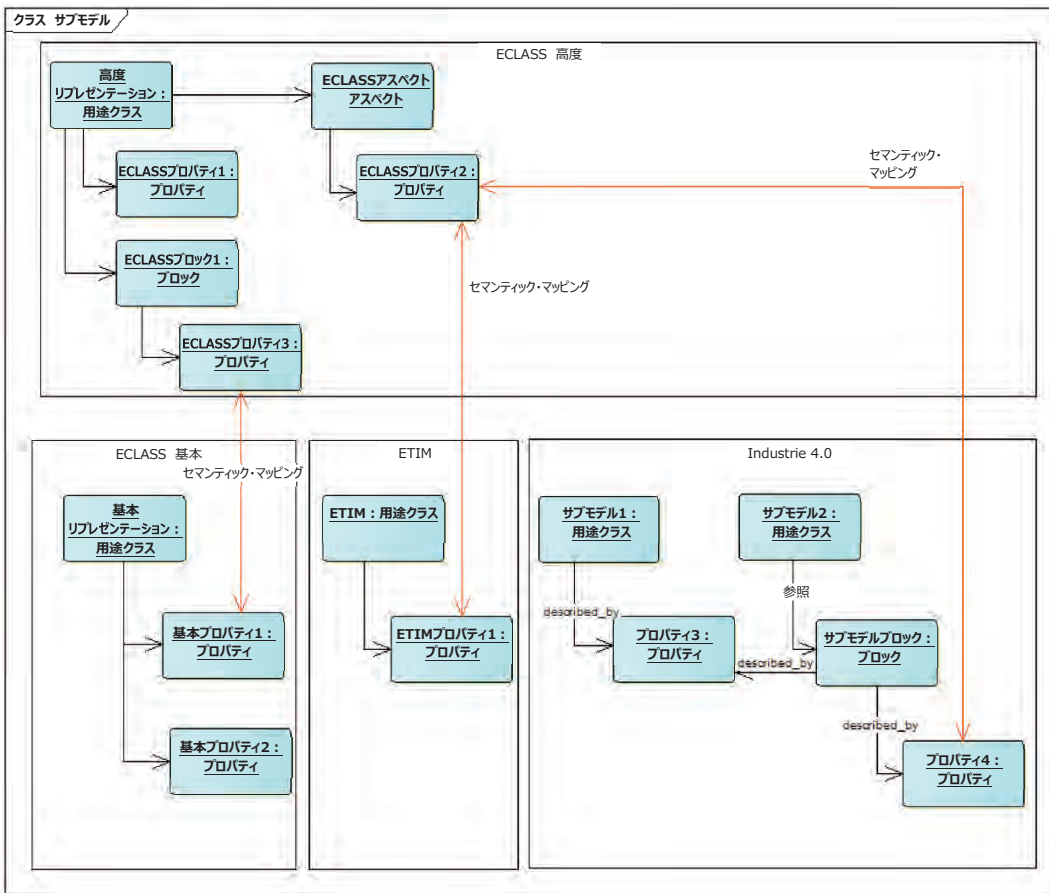


図15 : ECLASS用途クラスとしてのサブモデルの概念記述のモデリング

提案 :

サブモデルの構造要素は、「Industrie 4.0」という名称の特別な辞書のECLASS内で表される。この辞書は、「Submodel-AC」という用途クラスを包含している。Submodel-ACは、ECLASS高度用途クラスに意味論によってリンクされ、マッピングされる。プロパティは、([10]で説明されている高度基本マッピングと同じように) 特性評価クラスのコンテキストでマッピングされる。

この提案によって、多数のECLASS Advanced ACへのSubmodel-ACのマッピングと、多数のサブモデルACへのECLASS Advanced ACのマッピングの両方が可能になる。

Submodel-ACを記述しているプロパティは次のいずれかが可能になる。

- インポート済み（無修正）
- 新しいIRDIを取得するサブモデル名前空間へのコピー（変更可能）
- ECLASSに存在しない場合、新しいプロパティの作成（ECLASSルールに従い、ECLASS Accelerated [17]を参照）

Submodel-ACには独自のライフサイクルとバージョン管理があるため、Submodel-ACが付属していたり変更されたりしても、ECLASS AdvancedACは変更されない。

Submodel-ACはECLASS selfstanding ACの中にあるため、特定のSubmodel-ACへのエクスポートやRESTアクセスが可能でなければならない。

ドメイン専門家が現在、標準化サブモデル・テンプレートの開発に積極的に取り組んでいる。「Digital Nameplate for Industrial Equipment」（産業機器のデジタル銘板） [18]および「Generic Frame for Technical Data for Industrial Equipment in Manufacturing」（製造業における産業機器の技術データの一般フレーム） [19]のサブモデル・テンプレートは、Plattform Industrie4.0のライブラリで既に利用することができる。ここでは、ECLASSセマンティクスが既に使用されている（[20]も参照）。

図16は、ECLASSにおけるSubmodel-ACの概念記述を、将来どのように取り扱うかに関して可能な概念を示している。

- ドメイン専門家が、既存または将来の標準に基づくことを理想として、サブモデルの開発に取り組んでいる。
- 標準化（割り当てIRDI）、検索、配布（Webサービス経由など）、ライフサイクルの保守はECLASSによって実施される。

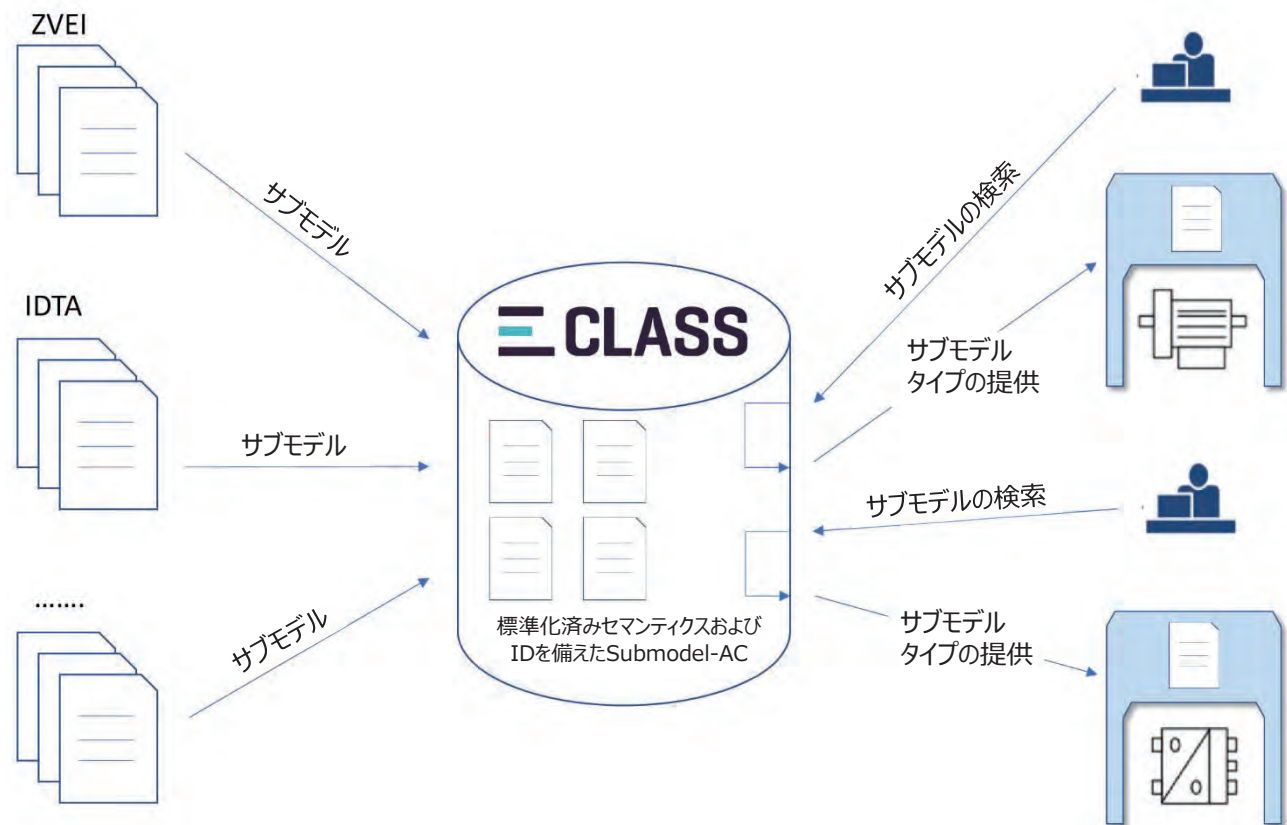


図16 : ECLASSにおけるSubmodel-ACの将来の処理概念

5.3 AASプロパティ

AASにおけるプロパティの概念記述は、データ型が「STRING_TRANSLATABLE」ではなく、レベルタイプを持たないECLASSのプロパティに対応するものとなる。

5.3.1 カテゴリ

AASのProperty-Value-Pairsには、プロパティに割り当てられたカテゴリがある。表1に、プロパティの指定済みカテゴリと可能なカテゴリの概要と簡単な説明を示す。

表1 : AASメタ情報モデルに基づくカテゴリ

| カテゴリ | 説明 |
|-----------|--|
| CONSTANT | 定数プロパティは、時間経過につれて変化することのない値を持つプロパティである。 |
| PARAMETER | パラメータプロパティは、一度設定されると、通常は時間経過につれて変化することのないプロパティである。たとえば、構成パラメータの場合である。 |
| VARIABLE | 可変プロパティは、時間経過と共にProperty-Value-Pairsが変化するプロパティか、ランタイム中に個々に計算されるプロパティである。 |

カテゴリは、AASプロパティの属性とすることができる（図17）。ECLASS辞書によって提供されるセマンティック・プロパティ記述において、概念記述におけるプロパティのカテゴリをそれぞれ定義する必要はない。IRDIによって参照されるECLASSセマンティック定義は、AAS Property-Value-Pairsのすべてのカテゴリに使用することができる。

一般に、すべてのECLASSプロパティはパラメータとして解釈することができる。さらに、ECLASSプロパティを定数として宣言することができる。プロパティが変数のように動作する必要がある場合、ECLASSプロパティ（この場合はAAS）を使用して、アプリケーション（この場合はAAS）で定義する必要がある。

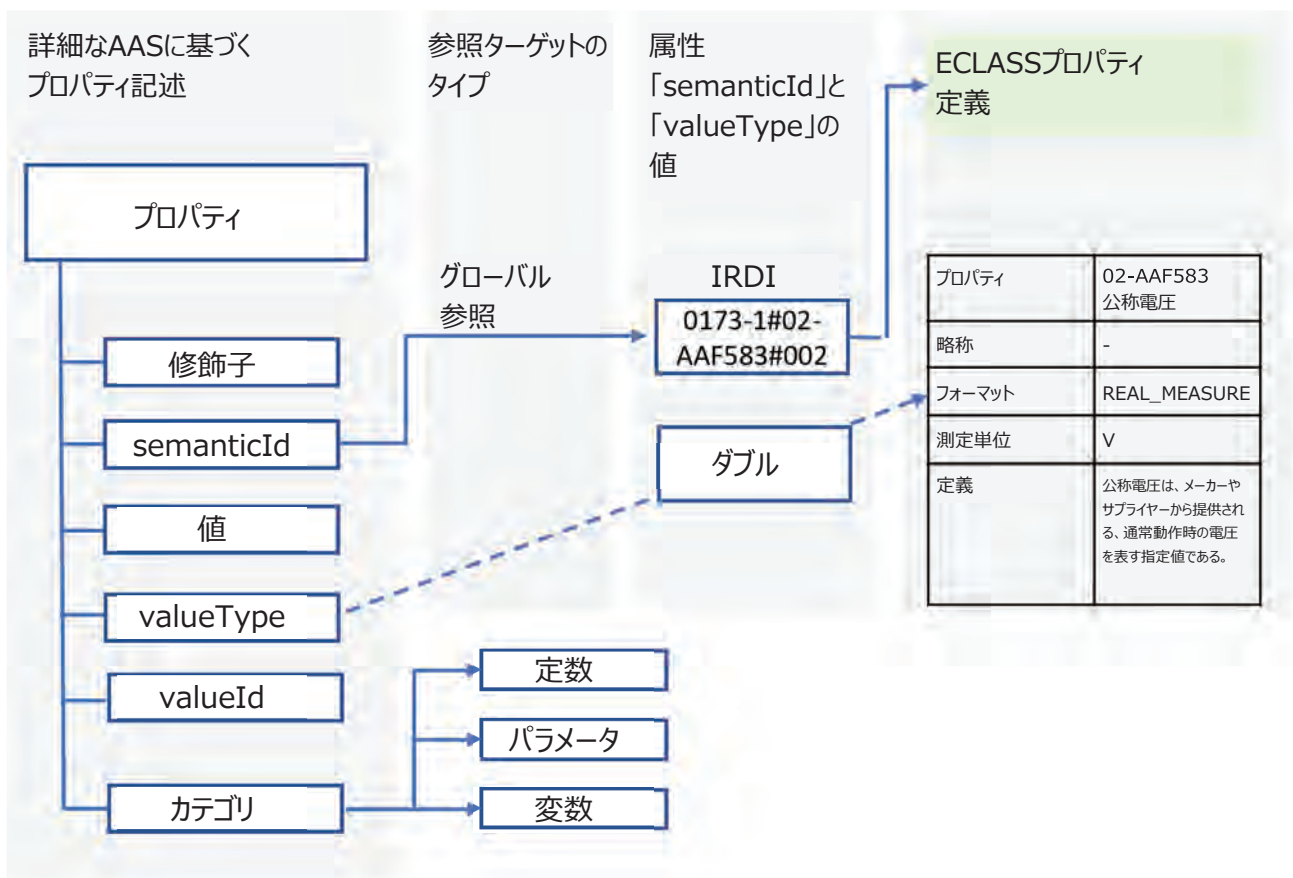


図17：異なるカテゴリを持つプロパティのECLASSプロパティへのマッピング

5.3.2 値

Property-Value-Pairのセマンティクスは、AASプロパティのECLASSプロパティ定義への参照によって定義されることに注意すること。さらに、AASは、いわゆるvalueIdによる、値の可能要素のセマンティクスを定める。これは、次のようにしてECLASSを進めることができる。

- ECLASSコード化値の（IRDIを介した）参照による。例：IP65（図18）

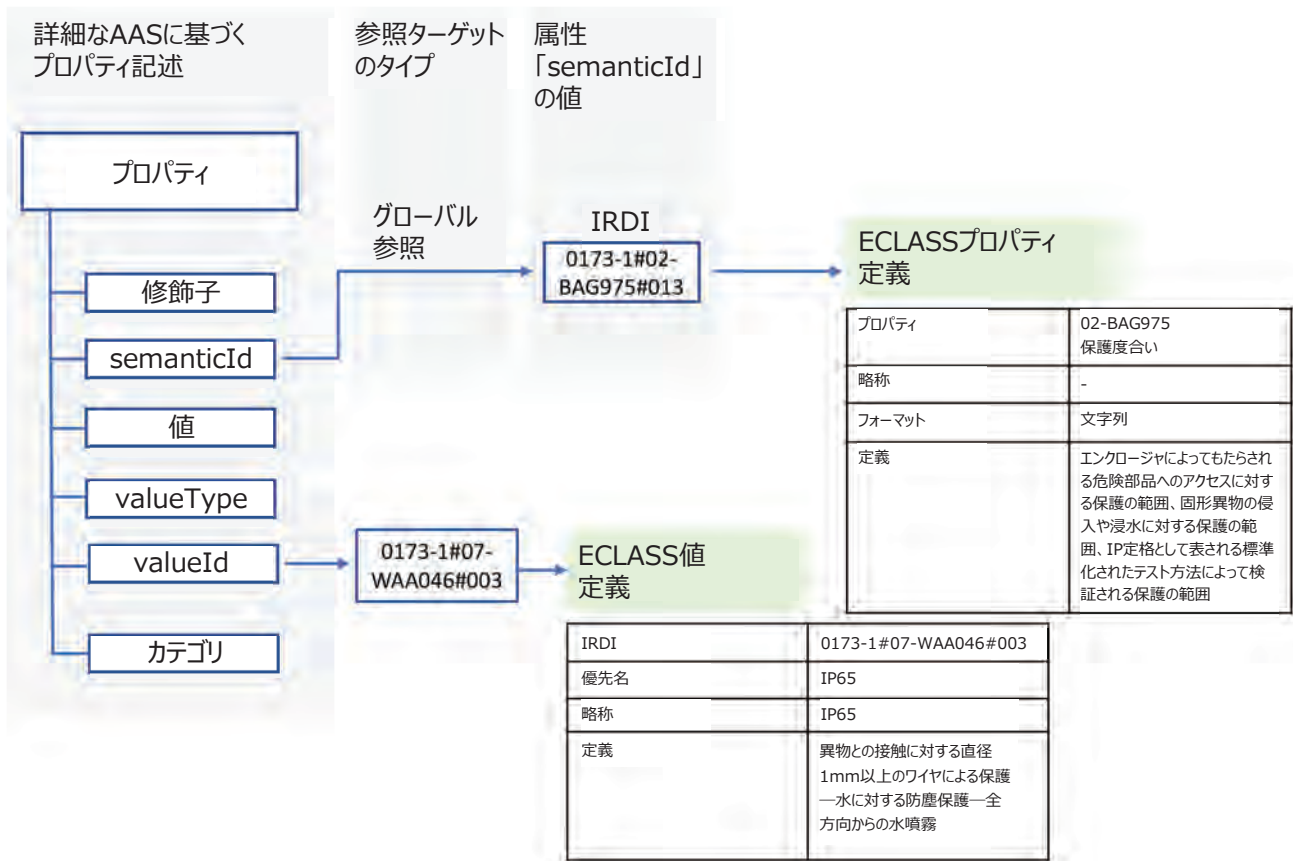


図18 : ValueIdと値 (IP65) によるECLASSプロパティの参照

- または、明示的な値を持つECLASSプロパティ。例：単位がVの220 (図19)

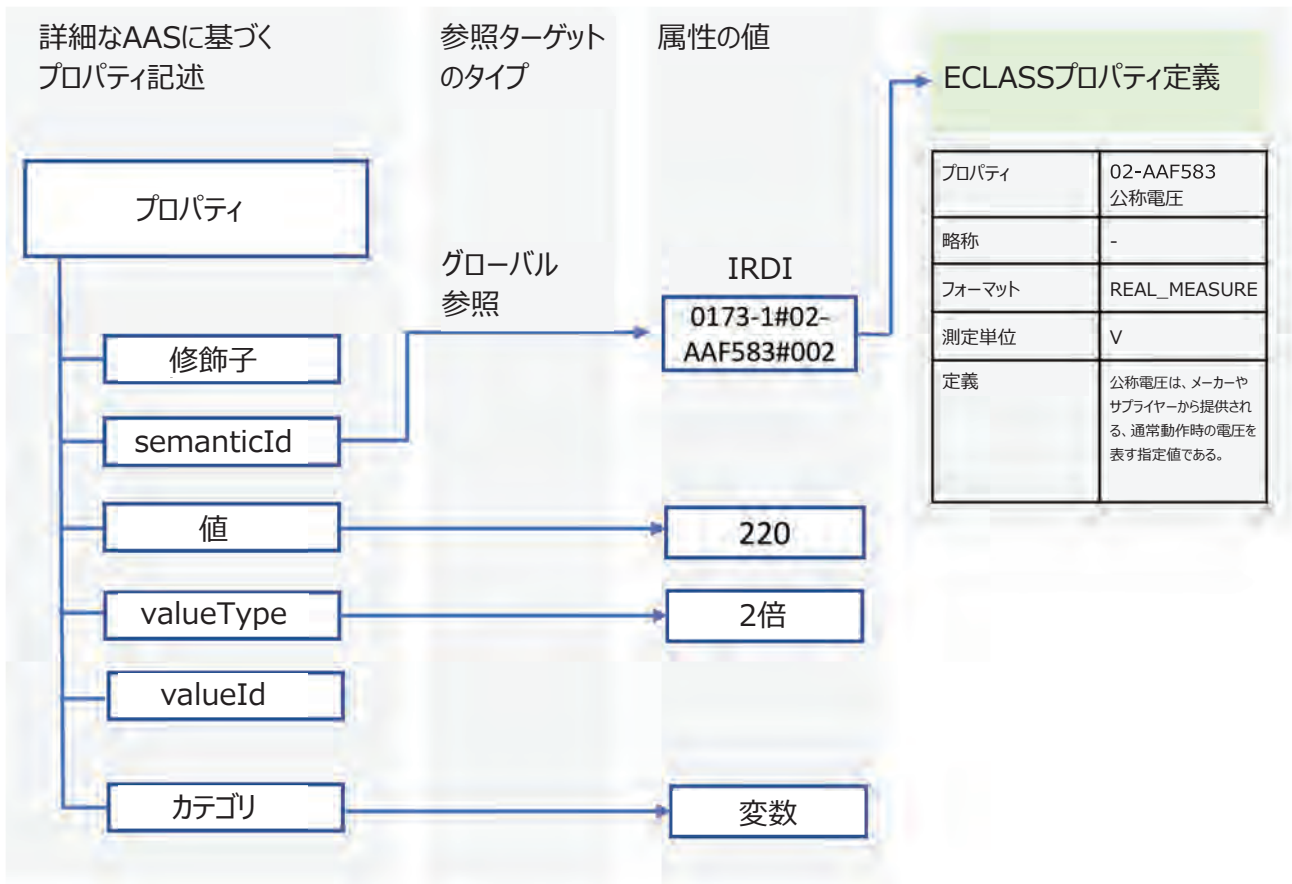


図19：明示的な値220を持つECLASSプロパティの参照

5.3.3 従属プロパティ

ECLASSでは、いわゆる従属プロパティ（Dependent Property）を定義する可能性がある。ECLASS従属プロパティは、他のプロパティ（条件）に従属することを意味する。

例：所与の周波数と電圧によるモーターの電力。電力というプロパティは、周波数条件（50/60Hz）および電圧条件（110/220V）によって決まる。

AASモデリングに関する注記：ECLASS従属プロパティを使用することにより、AASの情報モデルインスタンスは次のことを行う。

- 1個のプロパティ（従属プロパティ：電力）と、サブモデルの一部としての条件（周波数と電圧）のためのプロパティを定義する。
- 通常、ECLASSプロパティとその条件それぞれへのセマンティック参照を実行する。
- 必要に応じて、ECLASS値へのセマンティック参照を実行する。

5.3.4 多値一単一値

ECLASSでは、BOOLEANなどいくつかの例外を除いて、すべてのプロパティが多値プロパティとして扱われる。

AASでは、これとは正反対になる。通常、プロパティは単一値である。多値のプロパティは、範囲と多言語のプロパティを除いて、AASではサポートしていない。

提案：

AASの単一値プロパティをサポートするには、対応するECLASS属性 (*multi-value = true/false*) によってECLASSプロパティ定義を拡張する必要がある。

5.3.5 オープン値リスト—クローズド値リスト

ECLASSでは、すべての値リストがデフォルトにより、オープンとして扱われる (Booleanを除く)。値リストは、Property-Value-Pairsの値で拡張できるが、これらの値はECLASSプロパティ定義には含まれていない (ECLASSプロパティ定義の一部であってはならない)。

AASでは、これとは正反対になる。AASは相互運用性を有効にすることを目的としているため、値リストはクローズドである。

ECLASS定義の値リストに追加の値が必要な場合、次の方法で進めることができる。

- AASのローカル概念辞書にあるECLASSの値リストをコピーする。
- 値の範囲 (Value Range) をローカルに拡張する。AASでの概念記述用に新しいIRDIを作成し、isCaseOf参照を介してECLASSプロパティを参照する。

提案：

AASサポートに関しては、ECLASSプロパティ定義は、対応するECLASS属性 (*open-value-list = true/false*) によって拡張する必要がある。

5.3.6 レベルタイプ

ECLASS辞書では、プロパティはレベルタイプ（たとえば、値のベクトル：min、max、nom、type）としてモデル化することができる。

AASメタモデルでは、この種のプロパティは、範囲を除いてこのように扱う必要がある。5.5項を参照のこと。

- AASのローカル概念辞書にECLASSプロパティ記述をコピーし、ローカルで（最大）4つのプロパティを作成する。
- AASで概念記述に関し、これらのコピーそれぞれに新しいIRDIを使用し、isCaseOf参照を介してECLASSプロパティを参照する。

提案：

3つの提案：

1. レベルタイプの削除。min、max、nom、typを持つすべてのプロパティは、個別プロパティとして作成される。minとmaxによって範囲が記述されている場合、範囲の制限があるプロパティが1つ、ISO13584に従って作成される。
2. レベル構文でIRDIを拡張し、実際の値でレベルタイプを拡張する。レベルタイプは、より多くのレベルで拡張できる。
3. ECLASSを拡張して、同じデータ型や測定単位などを共有するプロパティのコレクションをサポートする。

5.3.7 物理単位

AASでは、必要に応じて物理単位の概念記述を定義またはコピーすることができる。

単位はECLASS辞書で定義されているため、ECLASSで定義されているIRDIを直接使用して単位を識別することができる（以下を参照）。

クラス サンプル回転速度

<<概念記述>>
N

- 優先名 (英語) =Rotation speed
- 優先名 (独語) =Drehzahl
- 単位 = 1/min
- 単位ID = 0173-1#05-AAA650#002
- 値形式 = NR1..5

semanticId

CLASS

| 総合 | 管理 | 関係 | 属性 | 変更要求 | 履歴 |
|--------|----|----|--------------------------|------|----|
| バージョン | | | 2 | | |
| 改訂 | | | 1 | | |
| IRDI | | | 0173-1#05-AAA650#002 | | |
| 名称 | | | 1/min | | |
| 構造化命名 | | | | | |
| 主要言語 | | | ドイツ語 | | |
| 優先名 | | | Minute^-1 | | |
| 略称 | | | 1/min | | |
| 定義 | | | 単位「分」の逆数 | | |
| 定義のソース | | | NIST特別パブリケーション811 : 1995 | | |
| コメント | | | | | |
| SI表記法 | | | 1/min | | |
| SI名 | | | 毎分 | | |
| DIN表記法 | | | min ⁻¹ | | |
| ECE名 | | | 毎分 | | |
| ECEコード | | | C94 | | |
| NIST名 | | | rpm | | |
| 変換係数 | | | 1.0/60 | | |

図20 : 単位識別のためのECLASS IRDIの使用 (UoM)

5.3.8 データ型マッピング

AASプロパティの属性であるValueTypeのマッピングは、ECLASS Wiki [21]のECLASSデータ型マッピングを想定したものである。XSD (XMLスキーマ定義) では、さらに多くの特殊化が可能である。

5.4 AAS多言語プロパティ

AASにおける多言語の概念記述は、データ型が「STRING_TRANSLATABLE」のECLASSのプロパティに対応している。

AAS多言語プロパティは、ECLASSで表すことができる。ECLASSが多言語であるため、プロパティは、略称、定義、優先名という翻訳可能な属性で記述される。

5.5 AASレンジ

AASレンジの概念記述は、プロパティレベルがminおよびmaxであるECLASSプロパティに対応している。

注記 : プロパティレベルは、レベルタイプと呼ばれる場合がある。

提案 :

レベルタイプの扱い方については、5.3項を参照のこと。

5.6 AASエンティティ

AASエンティティの概念記述は、ECLASSブロックに対応している。処理は、「allowDuplicates=false」属性を持つAASサブモデル要素コレクションの概念記述と同一である。

5.7 AAS参照要素

AASの仕様で使用する参照要素（Reference Element）という用語は、ECLASSで使用されていて、ECLASSブロックのみを参照できる参照プロパティ（Reference Property）という用語に類似したものである。

ただしAASでは、サブモデル要素、ビュー、アセットなどの参照可能要素（Referable Element）を参照できるが、外部論理参照を追加することもできる。

AASで指定された参照はサポートされておらず、ECLASS辞書の要素によるモデル化はできない。ECLASSは、参照されているAAS要素のセマンティック記述のみを提供することができる。

参照は何でも参照することができるため、標準化されたセマンティクスは適用不能であり、合理的でもないため、ECLASSに参照を含めることは適正ではない。

提案：

サポートがないため、前述の理由により、ECLASSにAAS参照要素の概念記述を含めることは意味がない。

5.8 AASファイルとBLOB

ECLASSはインスタンスデータの交換をサポートしていないことから、AASファイルとAAS BLOBはECLASSでは明示的にはサポートされていない。

提案：

AASサポートの場合、許可されたECLASSデータ型のリストは、データ型FILEおよびBLOBで拡張する必要がある。

5.9 AASサブモデル要素コレクション

もう1つのサブモデル要素タイプがサブモデル要素コレクションであり、サブモデル要素をバンドルし、構造化およびネスティングを可能にする。AASでは、重複（duplicate）を包含するAASサブモデル要素コレクションと、重複を包含しないAASサブモデル要素コレクションを区別する。重複は、「同じ」semanticIdを共有する要素である。たとえば、ECLASSのブロックとの互換性がある。一般にECLASSは、特定のコンテキスト（用途クラス、ブロック、アスペクト）で、1つのプロパティを1回だけ使用することができる。3.3項との比較を行うこと。

注記：同じコンテキストで同じsemanticIdを持つAAS要素は、1つのECLASSプロパティの複数のインスタンスを意味する。これは、たとえばリスト内のあるプロパティに複数の値が割り当てられる多値割り当てとは区別する。5.3項との比較を行うこと。

したがって、次の2つのケースは区別する必要がある。

1. Duplicates = false

重複が許可されていない場合、サブモデル要素コレクションの概念記述は、ECLASSのブロック概念に対応する。

2. Duplicates = true

重複が許可されている場合、サブモデル要素コレクションの概念記述は、ECLASSのカーディナリティのパターンに対応する。そのためブロックの再利用が可能になり、ブロックのプロパティは複数回再利用できるようになる（[22]を参照）。ECLASS辞書に、duplicate = trueのサブモデル要素コレクションを取り入れるには、カーディナリティをモデル化しなければならない。

ただし、結果として生じるIRDI構造は、AASでsemanticIdとして使用されることになる。これは複雑なケースであることから、理解を容易にするため、ここで用途について説明する。ECLASS構造要素のマルチレベル・ネスティングを、AASのサブモデル要素として複製することを避けるため、コンテキスト情報に従って次の概念が提案されている。

ECLASSの特定のブロックを指定するために、サブモデル要素コレクションのsemanticIdには、3.3項に示されているように、参照されるプロパティのIRDIが含まれている。下図では、カーディナリティのフォーカスパターン（focused pattern）が再度ネスティングされている。ここでは、ECLASS内でIRDI-Pathを表すために、ECLASSでのネスティングの順でいくつかのキーを使用することを提案する。

したがって、このケースでは、ECLASS構造における正しい位置を示すためにキーが2つ必要になる。

さらに、2つのプロパティA1とA2が、同じ意味を持つことが必要になる。したがってECLASSでは、プロパティは、再度カーディナリティのコンテキストに入るブロックにネスティングしなければならない。ECLASSでこれを実行するには、参照プロパティと参照先ブロック（referenced Block）が作成されていて、カーディナリティのパターンを使用する必要がある。

標準化されたセマンティクスをサブモデル要素に戻して、ネスティングの問題を解消するために、semanticIdのいくつかのキーからIRDI-Pathを使用することが提案されている。**このIRDI-Pathは、AAS内の現行コンテキストの相対パスであり、絶対パスではない。**AASにおけると同様、インスタンスレベルでは、意味論的に明確なアドレス指定を行うことが重要である。そのため、*nのようなカウンタ情報でキーを拡張することが提案されている。3.3項との比較を行うこと。

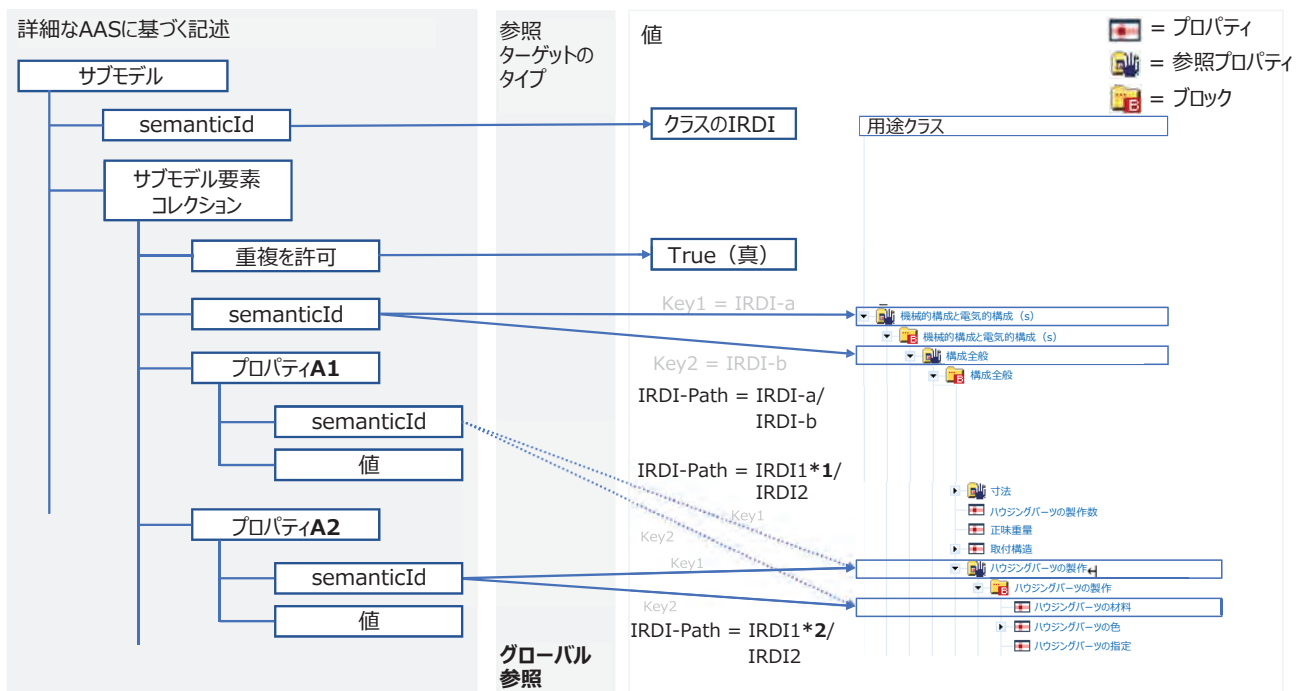


図21 : AASサブモデル要素コレクションDuplicates = true

図21に、建設に関連する一般的プロパティのすべてを収集するためのサブモデルコレクションを示す。製品のハウジングは2つのパーツで構成される想定となっている。この例では、ハウジングパーツ別に2種類の材料が使用されている。さまざまなハウジングパーツは、IRDI-Pathでインデックス（*1など）により分離される。パーツの具体的な材料は、プロパティA1およびA2によって記述される。この場合のパーツ1の色は、IRDI1 * 1 / IRDI3というパスを持つプロパティA3になる。

注記：さらに、順序付けられたサブモデル要素コレクションと順序付けられていないサブモデル要素コレクションは区別される。ECLASS辞書は、要素の順序を定義しない。解釈においてのみ、インデックス（例：*1）によって順序が付けられる。

5.10 AAS関係要素

AAS関係要素は、2つの参照可能な要素間の関係を定義する。AASは、2つのプロパティ間の関係を制限しない。アセットとプロパティの関係、2つのアセット間の関係、または2つのAAS間の関係を指定することも可能である。AASでは、関係の当事者が参照可能であることだけが求められる。

ECLASSでは、本来は関係がECLASS概念データモデルで事前定義されない2つの構造要素間に、Free Relationを使用して、関係を作成することができる。ただし、ECLASS Free Relationを使用することで、顧客固有のビジネスロジックやワークフローなどで使用できる関係ナレッジを構成できる。

AAS注釈付き関係要素は、データ要素で追加の注釈を付けることができる関係である。AASデータ要素は、AASプロパティ、AAS多言語プロパティ、AASレンジ、AAS参照要素のほか、AASファイルまたはAAS BLOBである。

提案：

AAS関係要素のAASサポートに関しては、既に予測されているものの未使用のECLASS構造要素である「Free Relation Type」（自由関係タイプ）を使用し、この自由関係タイプを拡張することで、特性評価クラスによる注釈付けが可能になる。図22を参照。

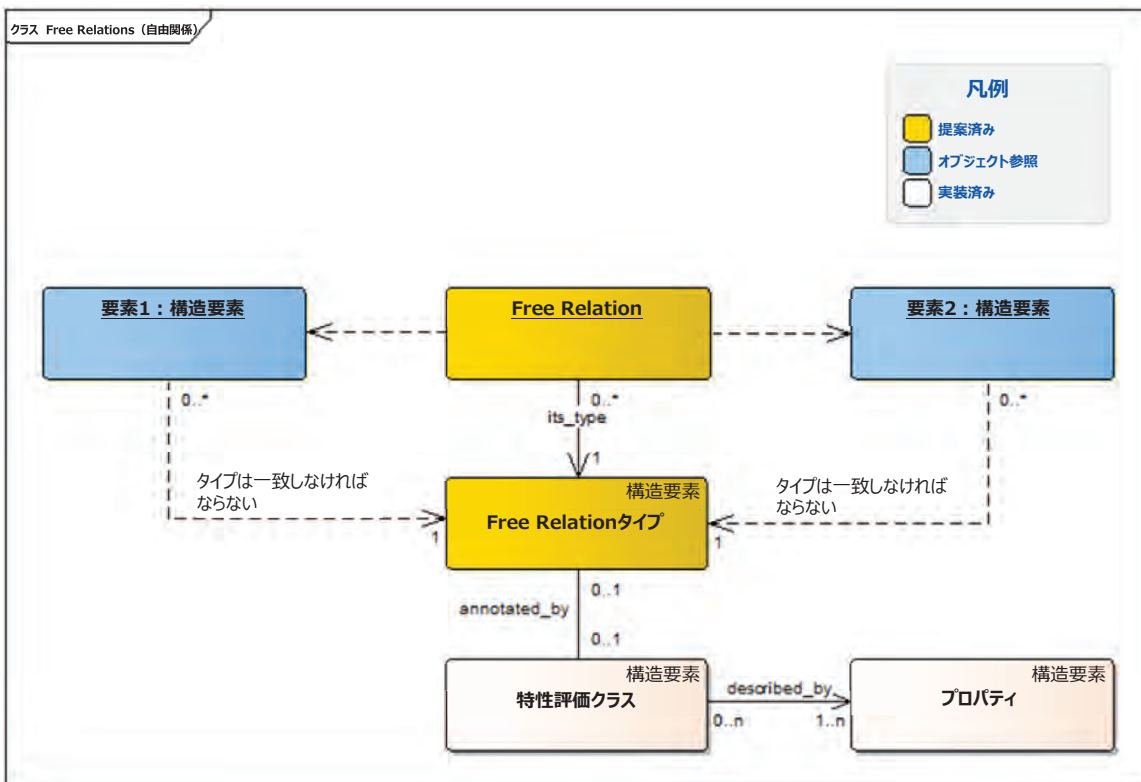


図22：AAS関係要素の概念記述をサポートするために可能なECLASS概念データモデルの拡張に関する提案

Free Relationは、ECLASSで記述される構造要素やインスタンス（製品など）の間の関係を定義するために使用される構造要素である。Free Relation Typeは、Free Relationの特性を定義する。

これらは、ECLASS概念データモデルの一部である。ただし、現在のECLASSリリースではまだ使用されていない。

ECLASS Free Relationにより、次のような関係固有ロジックを定義する関係を表現することができる。

- AはBより安い
- AはBを見る

5.11 AAS能力

能力（capability）は、アセットの技術的能力を記述する。AASの仕様で能力とは、物理世界や仮想世界で特定の効果を発揮するためのアセットのポテンシャルの、実装に依存しない記述である。

AAS仕様における意味での能力は現在、ECLASSではサポートされておらず、事前定義された能力はまだECLASS辞書に取り込まれていない。

提案：

AAS能力要素のAASサポートについては、ECLASS概念データモデルを、新しい特性評価クラスである「Capability Class」（能力クラス）によって拡張できる。図23を参照。

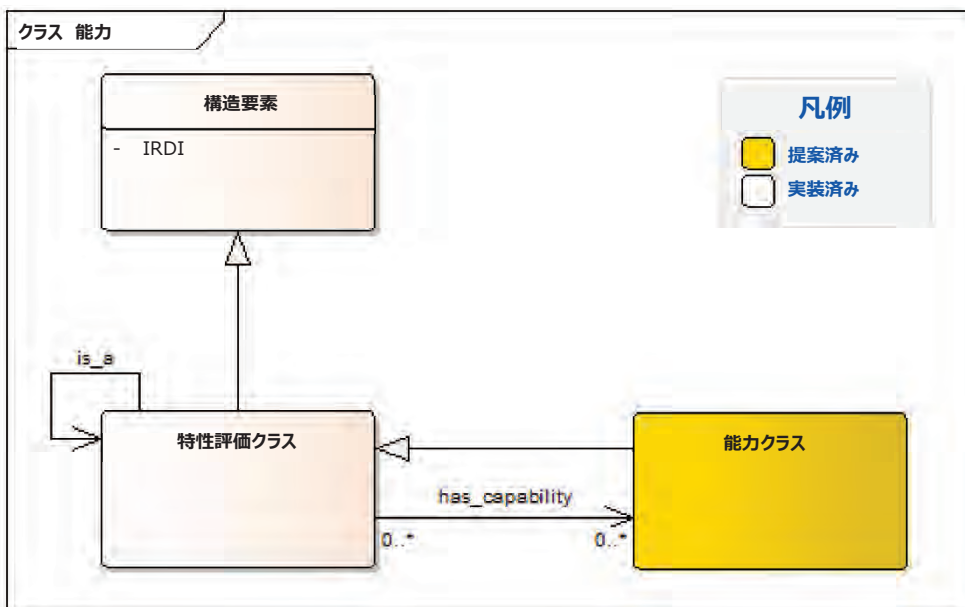


図23：AAS能力をサポートするために可能なECLASS概念データモデルの拡張

ECLASS能力クラス（図23を参照）は、対応するECLASS特性評価クラスに割り当てられる。能力は意味論的に識別可能でなければならず、各ECLASS能力には一意のIRDIが設定される。

例：「洗濯機」（用途クラス）は「洗濯」（能力）ができる。「洗濯」という能力は、洗濯機が持つ洗濯するための能力を表している。

5.12 ASS操作

操作（operation）は、（リアクティブ）AASのクライアントが実行可能な、アセットに関連したアクティビティを記述する。たとえば、マシンやシステムには、製品を製造したり、製造時に所定のプロセスステップを実行したりする能力がある。こうした能力を実現するのが操作（スキル）である。この場合の操作を「生産」と呼ぶことにする。AASでは、「生産」操作を定義して、製品を生産するようマシンを起動させることができる。ECLASSにより、この「生産」は独自のセマンティクスを獲得することができる。ただし、マシンは製品の記述（生産オーダー）も受け取ることになる。

製品記述を製造システムに転送するには、操作に入力パラメータが設定されていることが必要となる。任意のサブモデル要素を入力変数または出力変数として使用できることから、対応するサブモデル要素の章で説明されているように、これらの変数のセマンティクスを定義することができる。

AAS仕様における意味での操作は現在、ECLASSではサポートされておらず、事前定義された操作はまだECLASSコンテンツにはない。

提案：

AAS操作要素のAASサポートについては、ECLASS概念データモデルを、新しい構造要素である「操作」によって拡張できる。その入力、出力、入出力パラメータは、特性評価クラスとして実現される。さらに、任意の特性評価クラスに関連する操作が許可される。図24を参照。

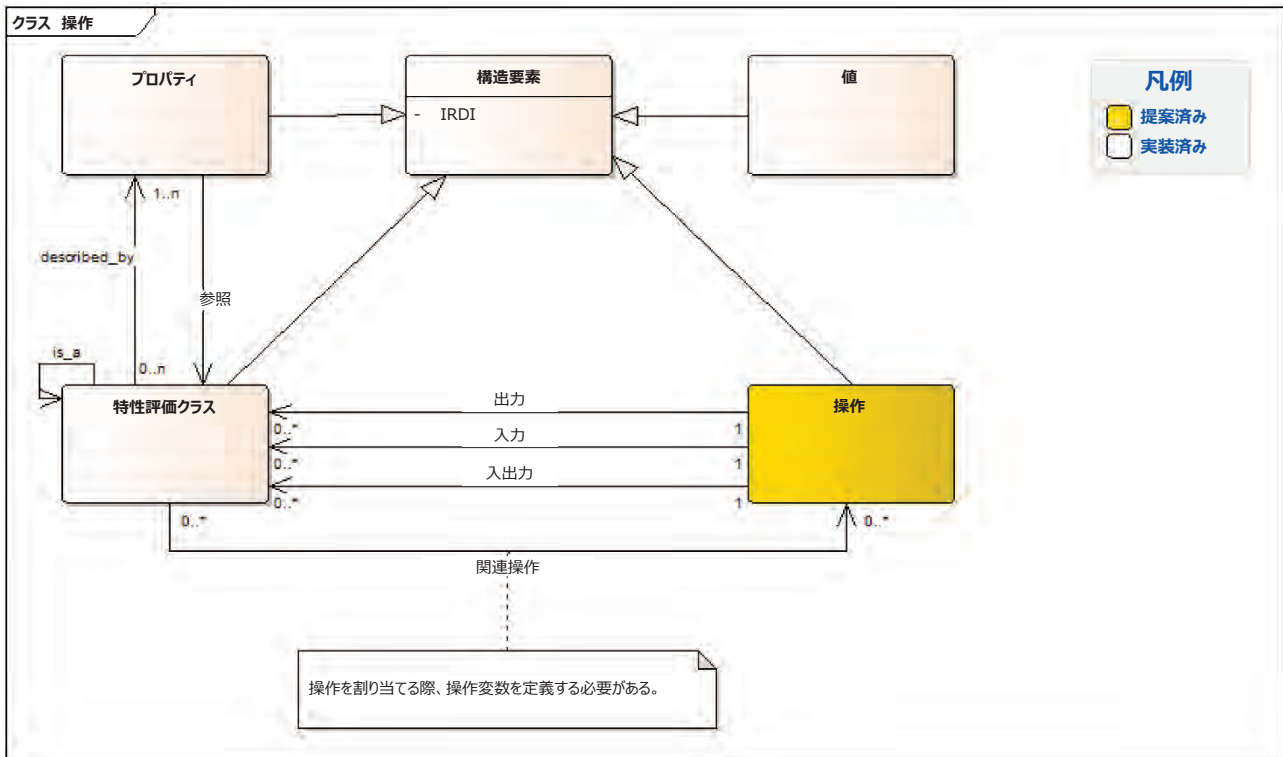


図24：AAS操作をサポートするために可能なECLASS概念データモデルの拡張

操作クラスは、入力、出力、入出力パラメータ（AASではいわゆる操作変数）として機能する要素（通常はプロパティ）のリストによって定義される。

例

モデル化するユースケース：点灯、消灯、減光が可能なランプ次の手順を実行する。

- 「turn_on ()」、「turn_off ()」、「dim (brightness)」の操作をECLASS構造要素「操作」としてモデル化する。
- 操作「dim」には、入力変数「brightness」がある。この入力変数をECLASSでモデル化するには、プロパティ「brightness」によって記述される特性評価クラスを定義し、それを入力として操作「dim」にリンクさせる必要がある。
- 次に、定義された操作が用途クラス「ランプ」に割り当てられる。

その結果、次のように動作する「ランプ」という用途クラスが作られる。

- Lamp – turn_on() (ランプ – 点灯())
- Lamp – turn_off() (ランプ – 消灯())
- Lamp – dim(30%) (ランプ – 減光 (30%))

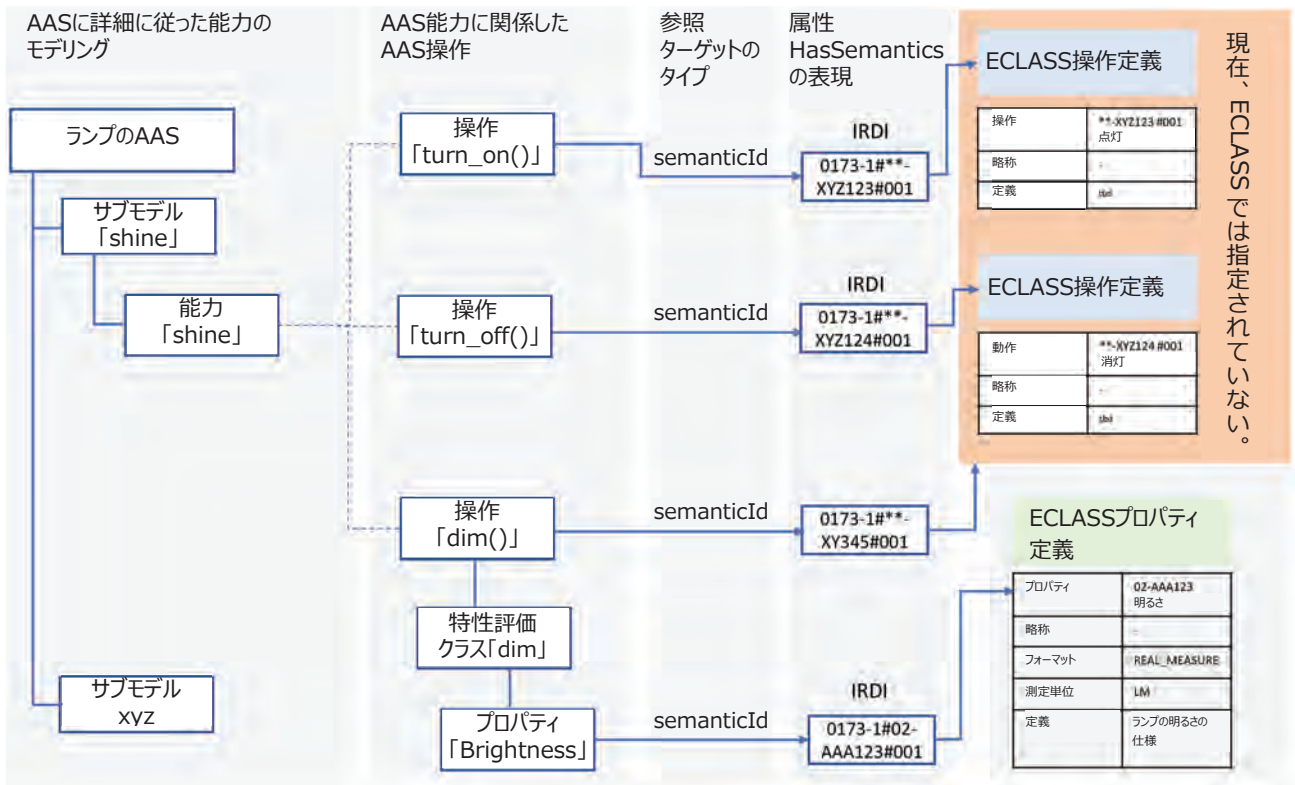


図25 : ECLASS操作クラスとしてのAAS操作のモデリング

5.13 AASイベント

AASイベントは、定期的には押されるアラームや時系列のサンプルなどの離散イベントである。イベントは、イベント変数として機能するプロパティのリストによって定義される。イベント変数は、観測した要素を表す。

AAS仕様における意味でのイベントは現在、ECLASSではサポートされておらず、事前定義されたイベントセマンティクスはまだECLASS辞書に取り込まれていない。

提案：

AASイベント要素のAASサポートについては、ECLASS概念データモデルを、新しい構造要素である「イベント」によって拡張できる。イベントごとに、特性評価クラスによって表される観測した要素への参照を定義することができる。下記を参照のこと。

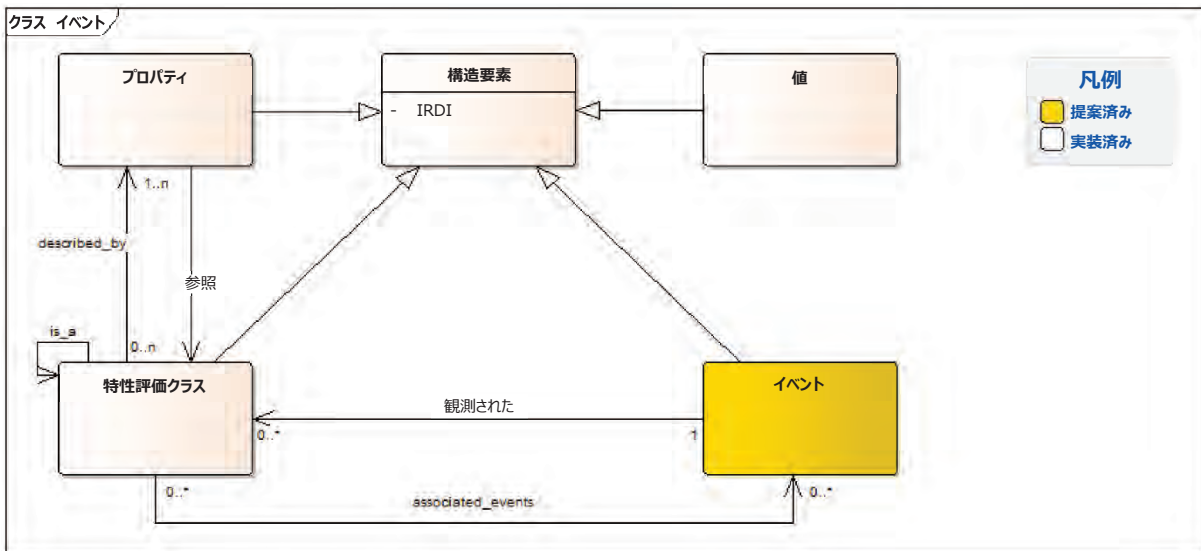


図26：AASイベントをサポートするために可能なECLASS概念データモデルの拡張

例1

モデル化するユースケース：状態や明るさについて通知することができるランプ。

- イベントの「status」（状態）と「brightness change」（明るさの変化）をモデル化する。
- イベント「status」には、イベントプロパティ「is_on」がある（ランプが点灯している場合、is_on = true）。
- イベント「brightness change」には、プロパティ「brightness」（明るさ）がある。
- イベント変数はProperty-Value-Pairであり、AASプロパティとしてモデル化することができる。
- 用途クラス：Lamp（ランプ）
- 対応するイベントをサブモデル用途クラス「Lamp」（ランプ）に割り当てる。

その結果、次のようなイベントを実行する用途クラス「Lamp」をモデル化できる。

- ランプは、プロパティが「is_on=true」であるイベント「status」を送信する。
- ランプは、プロパティが「brightness = 29%」であるイベント「brightness」を送信する。

例2

モデル化するユースケース：洗濯プロセスの完了に関する通知を送信でき、エラーが発生した場合は故障コードによって故障通知を送信できる洗濯機。

- イベントの「status」（状態）と「error」（エラー）をモデル化する。
- イベント「status」には、イベントプロパティ「wash_is_finished」がある。
- イベント「error」には、プロパティ「error_code」がある。
- イベント変数はProperty-Value-Pairであり、AASプロパティとしてモデル化することができる。
- 用途クラス：washing machine（洗濯機）
- 対応するイベントをサブモデル用途クラス「washing machine」（洗濯機）に割り当てる。

その結果、次のようなイベントを実行する用途クラス「washing machine」をモデル化できる。

- 洗濯機は、プロパティが「wash_is_finished = true」であるイベント「status」を送信する。
- 洗濯機は、プロパティが「error_code」= xyzであるイベント「error」を送信する。

5.14 AAS修飾子

AAS修飾子は、プロパティ・インスタンスまたはサブモデル要素に関連付けられて定義された要素であり、値ステートメントを特定のライフサイクル時間（例：計画通りに）やユースケースに限定する。

AAS仕様における意味での修飾子は現在、ECLASSではサポートされておらず、したがって事前定義された修飾子はまだECLASS分類にはない。

提案：

AAS修飾子のAASサポートについては、ECLASS概念データモデルを新しい構造要素「QualifierType」および「Qualifier」によって拡張することができる。ECLASS修飾子は、Qualifier-Typeとして可能な値である。図27を参照。

AAS修飾子は、修飾子タイプと修飾子値の組み合わせに相当する。したがってECLASS修飾子は、プロパティと同様（クローズドである値リストによって）モデル化する必要がある。ECLASS修飾子のタイプと値の両方について、一意のIRDIを取得する必要がある。

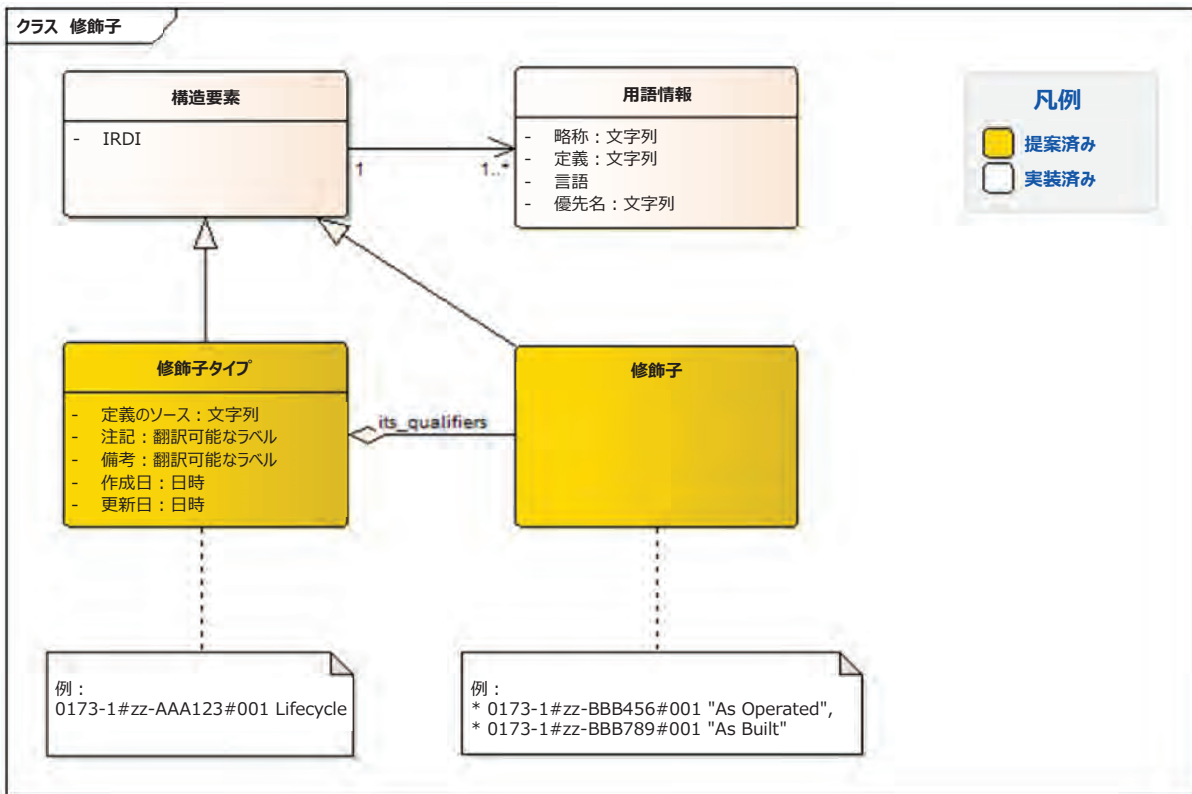


図27 : AAS修飾子のセマンティクスのために可能なECLASS概念データモデルの拡張

6 サマリーおよび展望

本書では、アセット管理シェルすべてのサブモデル要素に関し、ECLASSでそれぞれの適切な概念記述を定義する方法を検証した。さらに、修飾子の概念記述についても検証した。

一部のサブモデル要素については、たとえば広く使用されているプロパティなど、既存のECLASS概念を直接使用することができる。関係要素のようなその他の要素については、既に予測されてはいるもの、今のところ使用されていない解決策がある。能力や操作、その他のいくつかの要素については、完全なデジタルツインを定義するための標準化されたセマンティクスを提供するために、ECLASS概念データモデルを拡張する必要がある。これらの拡張については個々に、ECLASS概念データモデルの拡張方法に関する明確な提案が為されている。

ECLASSは現時点で既に、アセット管理シェルやデジタルツインのためのデータのセマンティクスを記述するうえで有益な基盤となっている。ECLASSで導入された拡張案により、拡張されたセマンティクスを明確に記述するための大きな前進が可能となるだろう。

ECLASS e.V.とPlattform Industrie 4.0は共に、デジタルツインの標準化を実現し、製造業のデジタル化に貢献するための道を歩み続ける所存である。

参考資料

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Details of the Administration Shell - Part 1: The exchange of information between partners in the value chain of Industrie 4.0, Version 3.0RC01. 2020. (管理シエルの詳細—パート1 : Industrie 4.0のバリューチェーンにおけるパートナー間の情報交換、Version 3.0RC01、2020年) オンライン : https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/Details_of_the_Asset_Administration_Shell_Part1_V3.html
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Details of the Asset Administration Shell. Part 2 - Interoperability at Runtime - Exchanging Information via Application Programming Interfaces. Version 1.0RC01. 2020. (アセット管理シエルの詳細—パート2 : ランタイムにおける相互運用性—アプリケーション・プログラミング・インターフェイスを介した情報交換 Version 1.0RC01、2020年) https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/Details_of_the_Asset_Administration_Shell_Part2_V1.html
- [3] Plattform Industrie 4.0 in Kooperation mit VDI/VDE-GMA Fachausschuss 7.20: I4.0-Sprache. Vokabular, Nachrichtenstruktur und semantische Interaktionsprotokolle der I4.0-Sprache (German). 2018. <https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/hm-2018-sprache.html>
- [4] VDI/VDE 2193 Blatt 2: Language for I4.0 components -Interaction protocol for bidding procedures. (I4.0コンポーネントの言語—入札手順のためのインタラクション・プロトコル) Beuth Verlag. 2020. <https://www.beuth.de/en/technical-rule/vdi-vde-2193-blatt-2/314114399>
- [5] ECLASS Wiki : https://wiki.eclass.eu/wiki/Main_Page
- [6] ECLASS Wiki – ECLASS概念データモデル https://wiki.eclass.eu/wiki/Conceptual_data_model
- [7] ECLASS e.V.: 技術仕様11。概念データモデル、2020年。 https://www.eclass.eu/static/documents/wiki/Technical_Specifications/eCl@ss_Technical-Specification_11_Conceptual-Data-Model_v_1.0.pdf
- [8] ECLASS Wiki – IRDI: <https://wiki.eclass.eu/wiki/IRDI>
- [9] ECLASS Wiki – ECLASSアップデート : <https://wiki.eclass.eu/wiki/ECLASS-Update>
- [10] ECLASS Wiki – マッピング基礎—高度 : https://wiki.eclass.eu/wiki/Basic-Advanced_Mapping
- [11] ECLASS Wiki – トランザクション : https://wiki.eclass.eu/wiki/Transaction_Update_File
- [12] ECLASS Wiki – 分類 : https://wiki.eclass.eu/wiki/Classification_Update_File

- [13] eCl@ssXML 3.0 – XMLスキーマ :
<https://www.eclass.eu/static/eClassXML/3.0/eCl@ssXML/mapping.xsd>
- [14] ECLASS Wiki – 参考資料 : https://wiki.eclass.eu/wiki/Reference_algorithm
- [15] ECLASS Wiki – IRDI-Path : <https://wiki.eclass.eu/wiki/IRDI-Path>
- [16] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Relationships between I4.0 components - composite components and intelligent production. 2017. (I4.0コンポーネント間の関係—複合コンポーネントとインテリジェント生産。2017年) <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/hm-2018-relationship.html>
- [17] Ondracek, N. & Treitinger, G.: ECLASS Fast track. ECLASS Congress, 2019 (ECLASSファーストトラック。ECLASSコンGRES、2019年)
- [18] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Submodel Templates of the Asset Administration Shell - ZVEI Digital Nameplate for industrial equipment (Version 1.0). 2020. (アセット管理シェルのサブモデル・テンプレート—産業機器用ZVEIデジタル・ネームプレート (Version 1.0) 2020年) https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/Submodel_templates-Asset_Administration_Shell-digital_nameplate.html
- [19] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Submodel Templates of the Asset Administration Shell - Generic Frame for Technical Data for Industrial Equipment in Manufacturing (Version 1.1). 2020. (アセット管理シェルのサブモデル・テンプレート—製造業における産業機器の技術データ用汎用フレーム (Version 1.1) 2020年) https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Submodel_Templates-Asset_Administration_Shell-Technical_Data.html
- [20] Eichberger, D. & Kämper, B. & Müller, J.: Integration von Industrie 4.0 Teilmodellen in ECLASS und OPC UA Companion Specifications. (ECLASSおよびOPC UAコンパニオン仕様におけるIndustrie 4.0サブモデルの統合) Automation 2020, Baden-Baden.
- [21] ECLASS Wiki – データ型からXSDマッピングへ :
https://wiki.eclass.eu/wiki/Datatype_to_XSD_mapping
- [22] ECLASS Wiki –カーディナリティ : <http://wiki.eclass.eu/wiki/Cardinality#Cardinality>