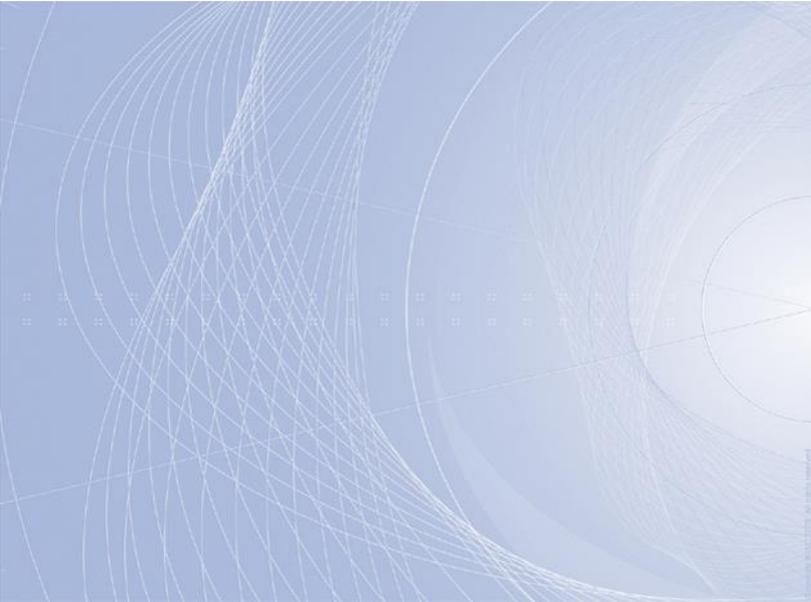


IoTとインダストリー4.0に関する標準化動向

— デジタルファクトリーに潜む共通モデル —



村山 廣

IEC SC3D 国際議長,

IEC SMB/SG8 SC3D代表、日本代表オルタネート

東芝リサーチ・コンサルティング 株式会社

Outline

- 自己紹介
- マスコミに見るIoT / インダストリー4.0への期待、または幻想
- 国際標準化の体制と仕組み
 - コンソーシアムの標準化とISO / IEC (デ・ジュール) の標準化
 - SMB/SG8の紹介、IEC SC3Dの紹介
 - 国内体制
- IoTとインダストリー4.0の焦点と差異
 - 関係団体と規格
 - RAMI 4.0
- 製造業のデジタルモデル
 - OPC
 - デジタル・ファクトリー
- 物から、こと、そして『意味』
 - IEC CDD
 - IEC CDD から ISO/IEC 共通オントロジーサーバへ？
- 結論

報道に見るIoT / インダストリー4.0への期待、或いは幻想

- インダストリー4.0では、センサーや自ら考えるソフトウェア、機械や部品の情報蓄積能力、相互通信能力により、生産工程が高度化される。
- スマート・センサーから得られる生産工程のリアルタイムな情報を元に、工場がシステムを自ら監視し、自分で決定を行う能力を身につける。
- 各種のセンサーを搭載した作業ロボットはネットワークを介してコンピュータに繋がり、自分で考えて作業を行う。

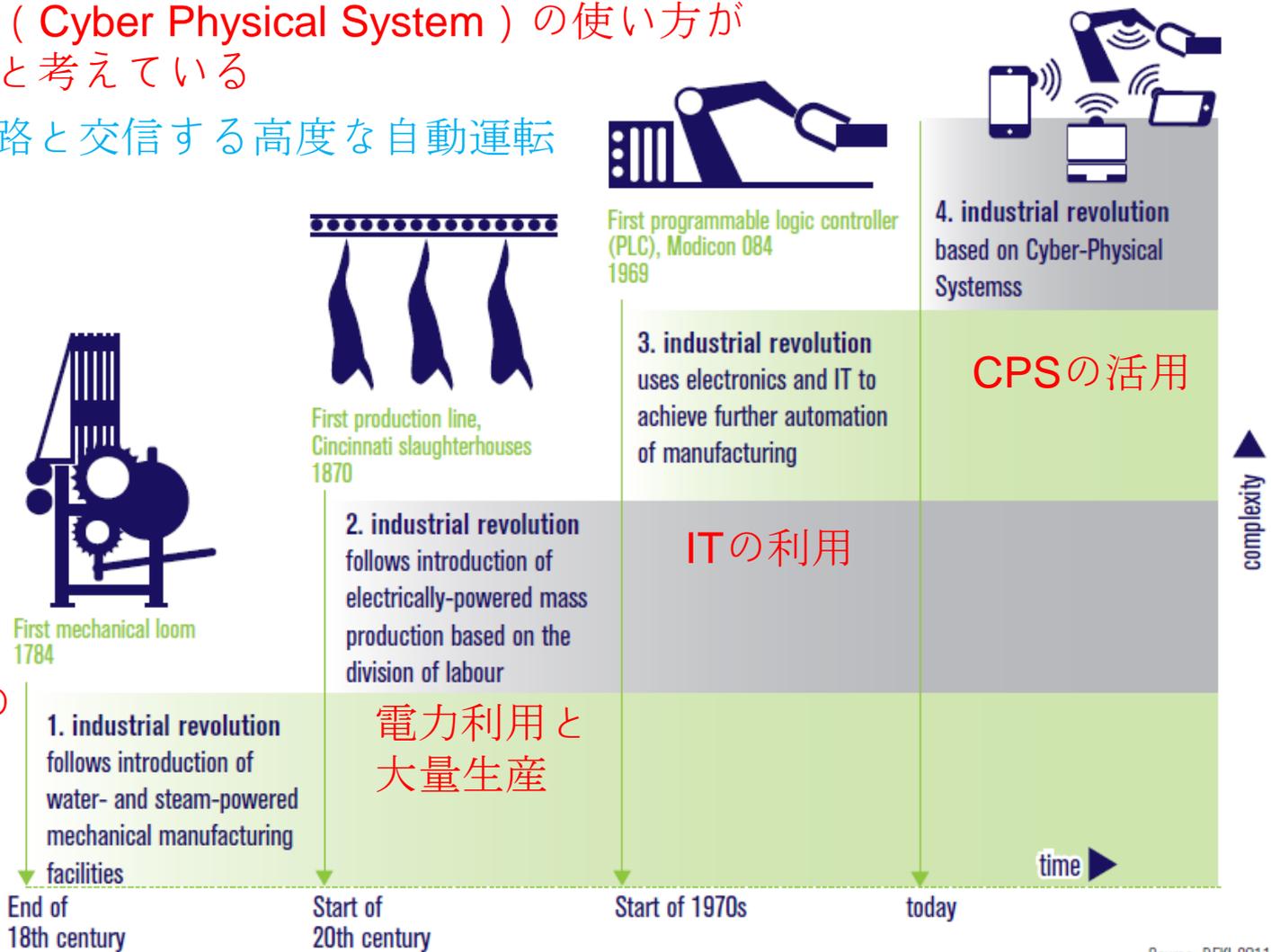
⇒本当に可能なのか、可能としたら、その前提条件は何か？

インダストリー4.0 産業革命 第4段階？

ドイツはCPS (Cyber Physical System) の使い方が勝負を分けると考えている

CPSの例：道路と交信する高度な自動運転システム

蒸気利用の産業革命



Source: DFKI 2011

初めに——— 基礎知識 (1) IoT

- **IoT : Internet of Things**
- 英国の**Kevin Ashton**が当初**1999**年に提唱：**RFID**や他のセンサーをいたる所に配置し、インターネットを介して、物と物との認識を行おうという考え
- 現在は米国を中心に世界に広がる、物と物、あるいは機械と機械 (**M2M**) の間のインターネット通信を利用したサービスの提供、自動認識や制御・管理の枠組み

⇒主に物と物 (機械と機械) を結ぶ通信層の標準化を志向し、その上に乗る具体的なアプリケーションやソフトウェア標準については、分野毎にデ・ファクトやコンソーシアム標準で囲い込み

世界のIoTに関する世界コンソーシアム

雨後の竹の子状態

- **IIC (Industrial Internet Consortium)**
 - ABB, AT&T, IBM, GE, Siemens, Schneider, Hitachi, Toshiba, ...
- **IoT(Internet of Things Consortium)**
 - NXP, Logitech, ...
- **OIC (Open Interconnect Consortium)**
 - CISCO, GE Software, Intel, Samsung, IBM, Dell, Honeywell, ...
- **AllSeen Alliance**
 - Qualcomm, Microsoft, canon, Haier, LG, Panasonic, Philips, Sony,...
- **oneM2M (約230の団体企業, tele-communication系)**
 - CISCO, Qualcomm, Adobe, NTT, SoftBank, KDDI, Oracle, Hitachi, Samsung,...
- **IoT推進コンソーシアム (日本 644企業、133団体 2015/10/22現在)**
 - 国内の多くの主要企業
- **SMLC(Smart Manufacturing Leadership Coalition)**

(スマートマニュファクチャリングの研究開発のための米国の産学共同組織)

NIST, Caltech-JPL, Carnegie Mellon , Rockwell, Corning, Honeywell, GM, General Dynamics, etc.,

初めに——— 基礎知識 (2) インダストリー4.0

- **Industry 4.0** (ドイツ語綴りでは、**Industrie4.0**、以下、適宜 I 4.0 と略記)
ドイツ発のITを利用した製造業に特化した漸進的産業改革の動き
(*Not a revolution, but an Evolution!*)
- デ・ジュール国際標準 (ISO , IEC , ITU-R)、特に I E C 規格を利用した標準を戦略的に使用
- IoTはその要素ないし手段、通信は I 4.0 の階層の 1 つに過ぎない
- IEC においては、様々な製造プラント関連のインタフェースを規定する規格を開発中ないし開発済
- **製造活動全般のデータモデル化、オントロジー応用を進め、漸進的に製造活動そのもののデジタルミラーをコンピュータの中に作ろうとしている。**
 - 静的仕様のみならず、状態仕様管理が可能なモデル
 - 物の属性の記述だけでなく、機能や振舞いの記述が必要となる
 - 製品と生産設備の両方のライフサイクル管理を実現

関係する「公的」標準化組織・学会等

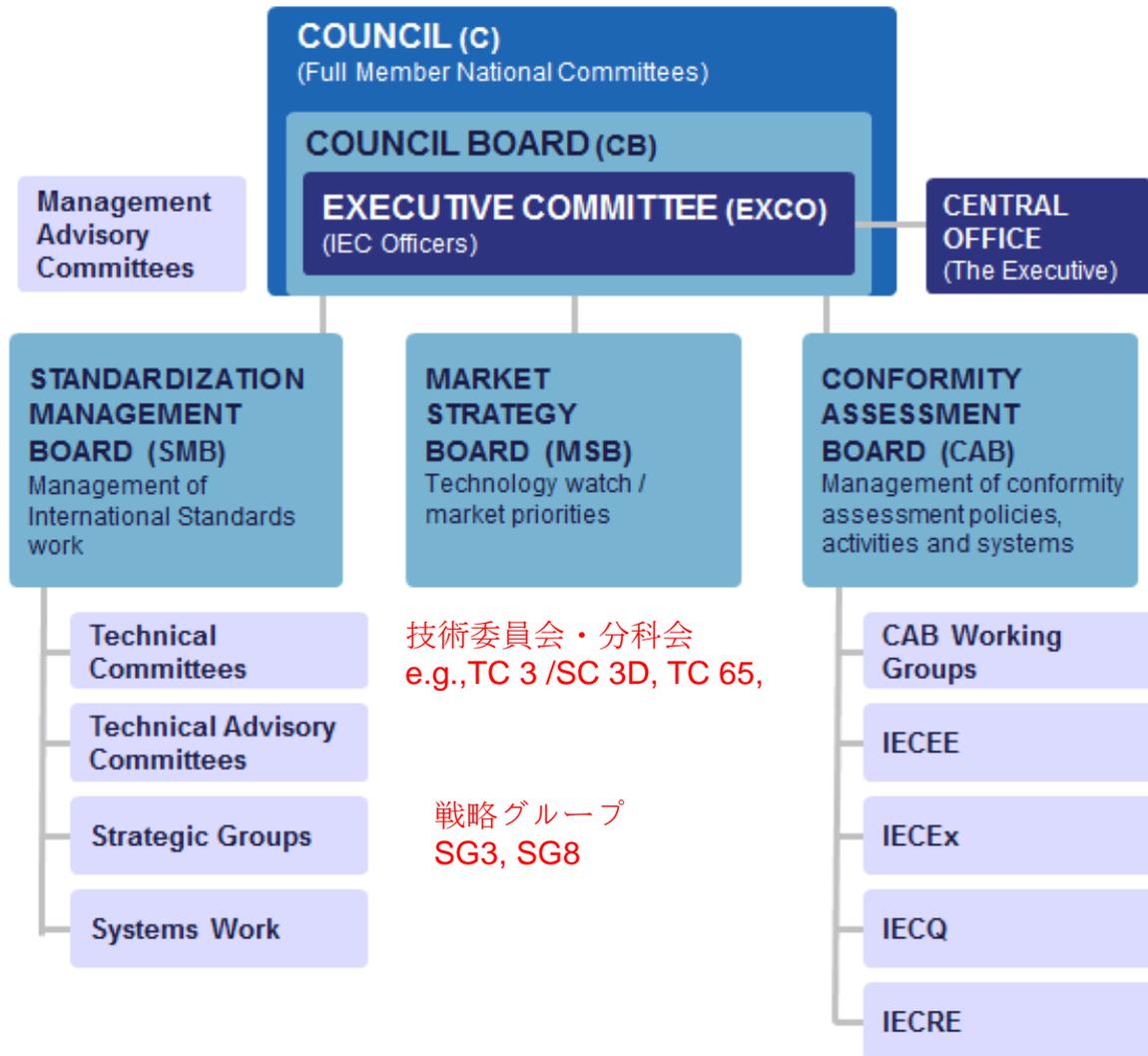
- **IEC**
 - IEC TC65, TC3/SC3D, IEC SC121A, ...
- **ISO**
 - ISO TC184/SC2, /SC4, /SC5, ISO TC59
- **ISO/IEC JTC1/SC27**
- **ITU-R**
- **IEEE**
- **P2413: Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT)**
 - **802.xxx**
- **ISA S85, S88, S95, S99, S101**

IEC: International Electrotechnical Commission

国際電気標準会議

正規メンバー 60国
 準メンバー 23国
 計 83国
 (2015/10/22現在)

標準管理評議会



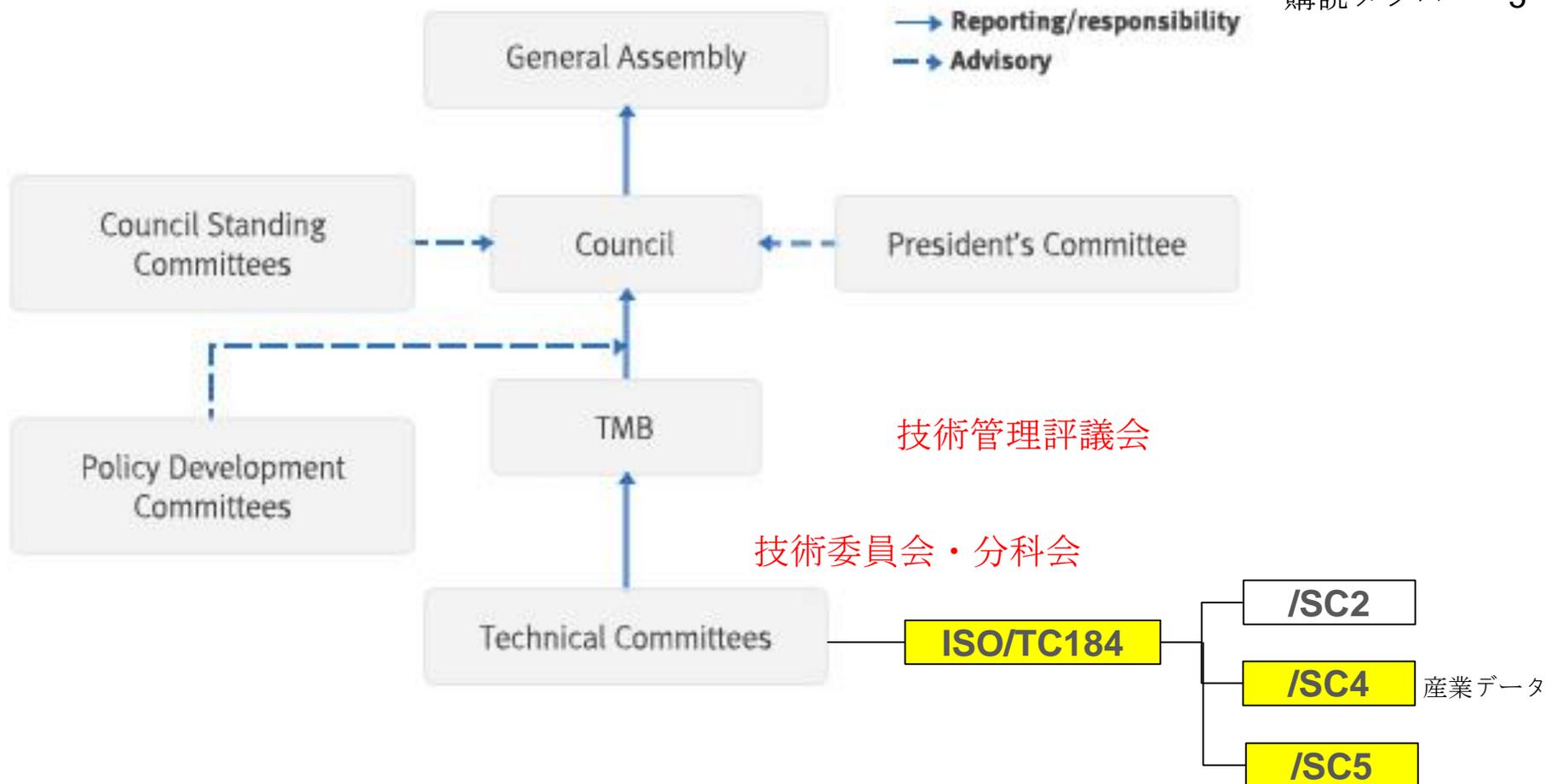
技術委員会・分科会
 e.g., TC 3 / SC 3D, TC 65,

戦略グループ
 SG3, SG8

ISO: International Organization for Standards

国際標準化機構

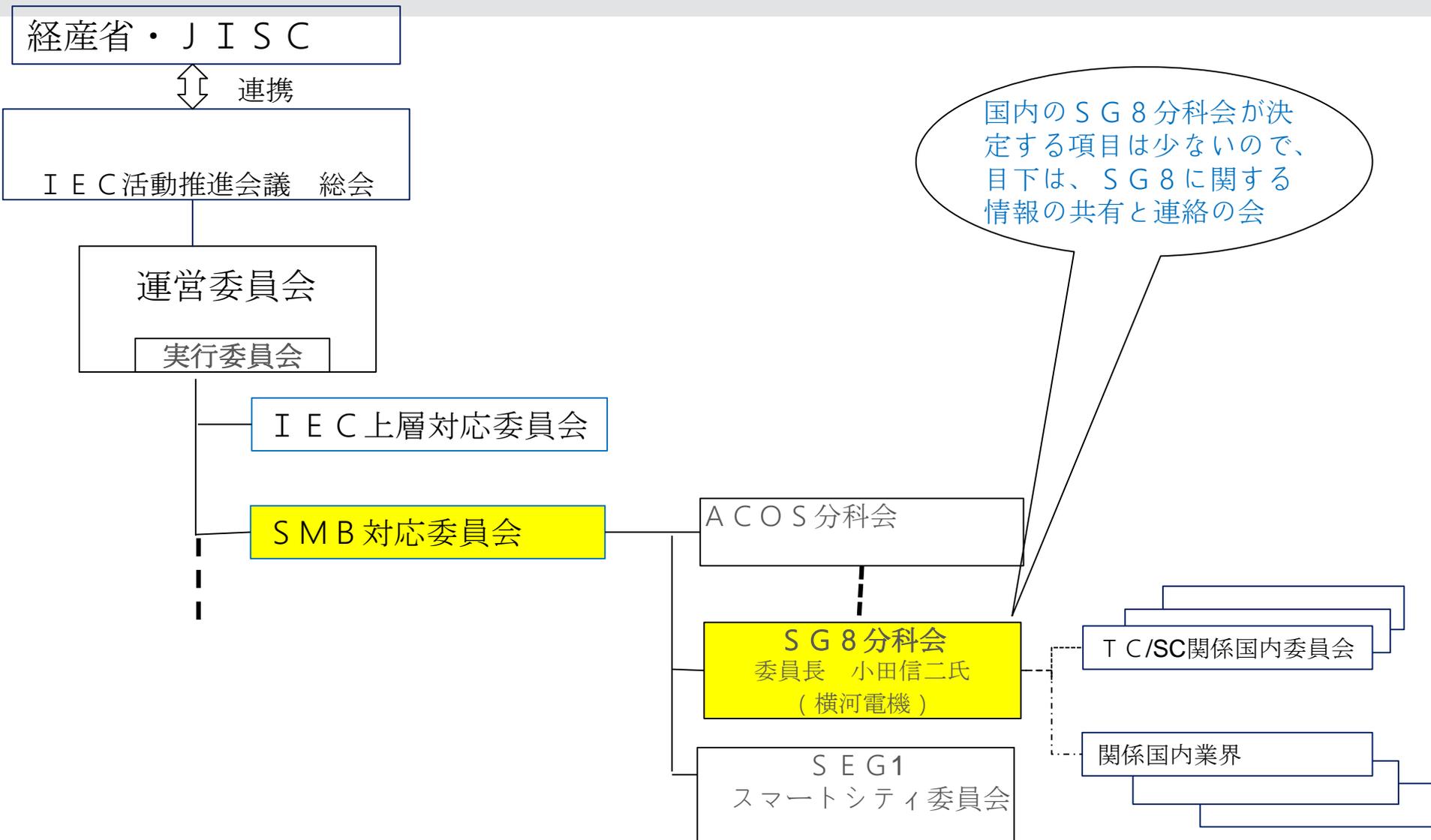
ISO governance structure



IEC/SMB / S G 8 の紹介 (2014/11 ~ 2016)

- コンビーナ / コ・コンビーナ
 - Alec McMilan (US, ロックウェル社, US SMB representative)
 - Ludvig Winkel (DE, ジーメンス社, TC65, IEEE P2413 Vice-chair)
- 幹事
 - Peter Lanctot (IEC-CO)
- 加盟国代表 representative
米、独、仏、日、瑞、英、韓、中、伯、
 - Benoit Jacquemin (Fr, シュナイダー社VP, ISO TC184)
 - 小田信二氏 (Jp, 横河電機、IEC TC65)
- 関係 T C , S C の代表
 - 村山 : IEC SC 3D 議長 (ISOTC184 /SC4, ISO TC59/SC13)
 - Howard Mason :ISO TC184/SC4 議長
 - Patrick Lamboley : ISO TC184 議長

SG8 日本国内審議体制



SG8 会議経過と予定

経過

- 第1回：シンガポール会議 (2014-11-)
- 第2回：電話会議 (2015-01-12)
- 第3回：サンパウロ会議(2015-03)
- 第4回：フランクフルト会議 (2015-10-1,2)

予定

- 第5回：マイアミ会議 (2016-03-1,2)
- 第6回：ロンドン会議 (作業部会 2016-04-28,29)

これまでのSG8会議からの中間報告と方針

- **Scope**と主たる関係標準化組織を特定
 - **IEC 62264**の1~3層を主対象とする
- データのセマンティクスの同定・解決に、**IEC CDD** (**Common Data Dictionary** : 電気・電子分野の共通データ辞書) を活用し拡充する
- **SGAM** (**Smart Grid Architecture Model**) にならいインダストリー4.0領域で主として参照する規格を明示し、その位置づけを立体的にマッピングする
⇒RAMI4.0 (**Reference Architecture Model for Industry 4.0**)
- **ITU-R**と協力・連携して、産業プラント内で制御に用いる無線周波数 (**WiFi**) 領域を確保するよう働きかける

RAMI 4.0 インダストリー4.0 リファレンスモデル (Reference Architecture Model for Industry 4.0)

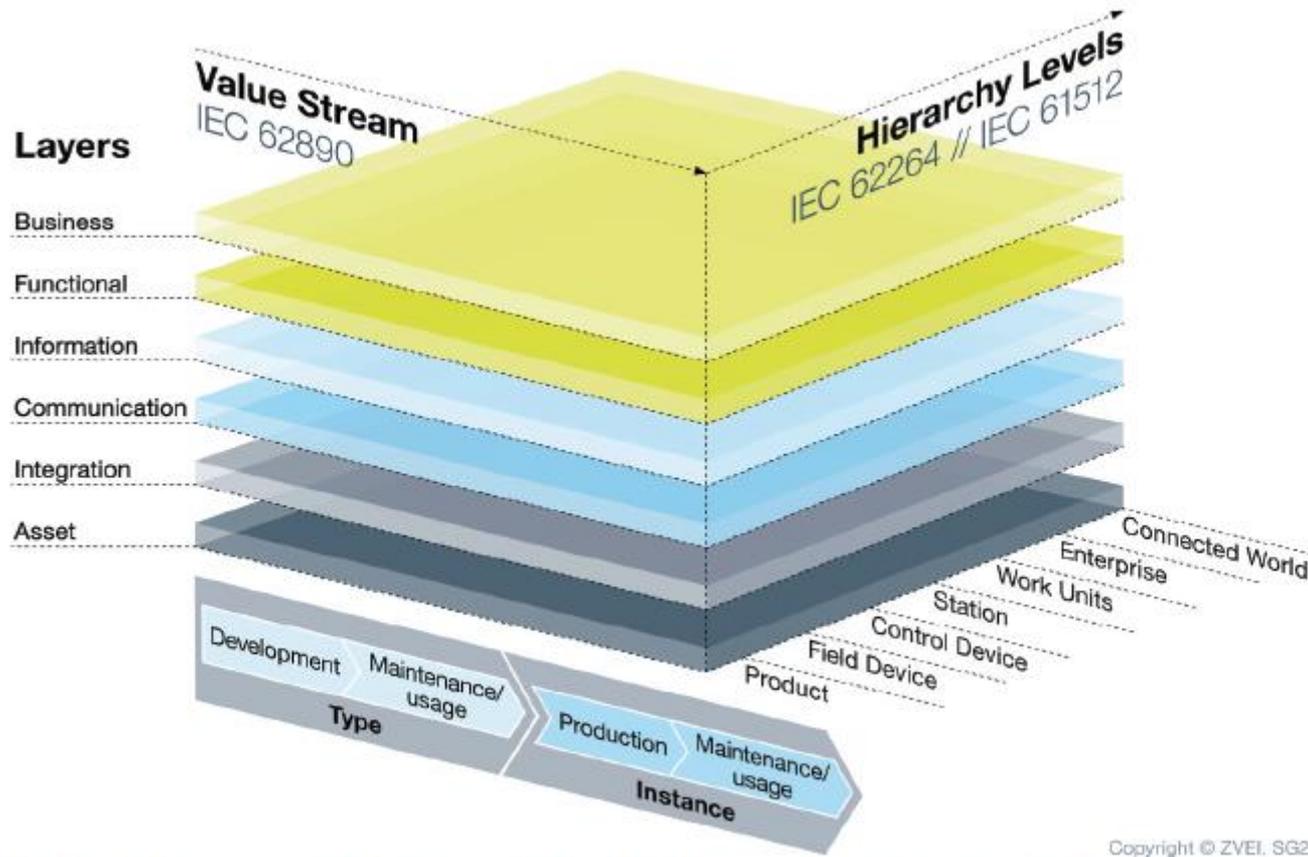


Bild 1. Referenzarchitekturmodell / Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0)

出典 : Status report - Reference Architecture Model Industry 4.0, July 2015 (English)

関係団体と主要規格 (RAMI解説書から)

- Approach for implementation of a Communication Layer
 - OPC UA: IEC 62541
- Approach for implementation of an Information Layer
 - IEC Common Data Dictionary (IEC 61360 Series/ISO13584-42)
 - Characteristics, classification and tools to eCI@ss
 - Electronic Device Description (EDD)
 - Field Device Tool (FDT)
- Approach for implementation of a Functional and Information Layer
 - Field Device Integration (FDI) as integration technology
- Approach for end-to-end engineering
 - AutomationML
 - ProSTEP iViP
 - eCI@ss (characteristics)

独インダストリー4.0が重視する基本国際規格群

- 通信層のインタオペラビリティ

 - IEC62541 OPC Unified Architecture**

 - 物理通信層のプラント内 WiFi利用については、動きあり

- エンタープライズ・モデル

 - IEC62264 Enterprise-system control**

 - 一部 バッチに関するモデルは、IEC 61512で補完

- 製品仕様の電子的記述と共有

 - IEC Common Data Dictionary (IEC61360/ISO13584)**

 - 実際のI/Fは、IEC62656 通称“Parcel standard”が規定

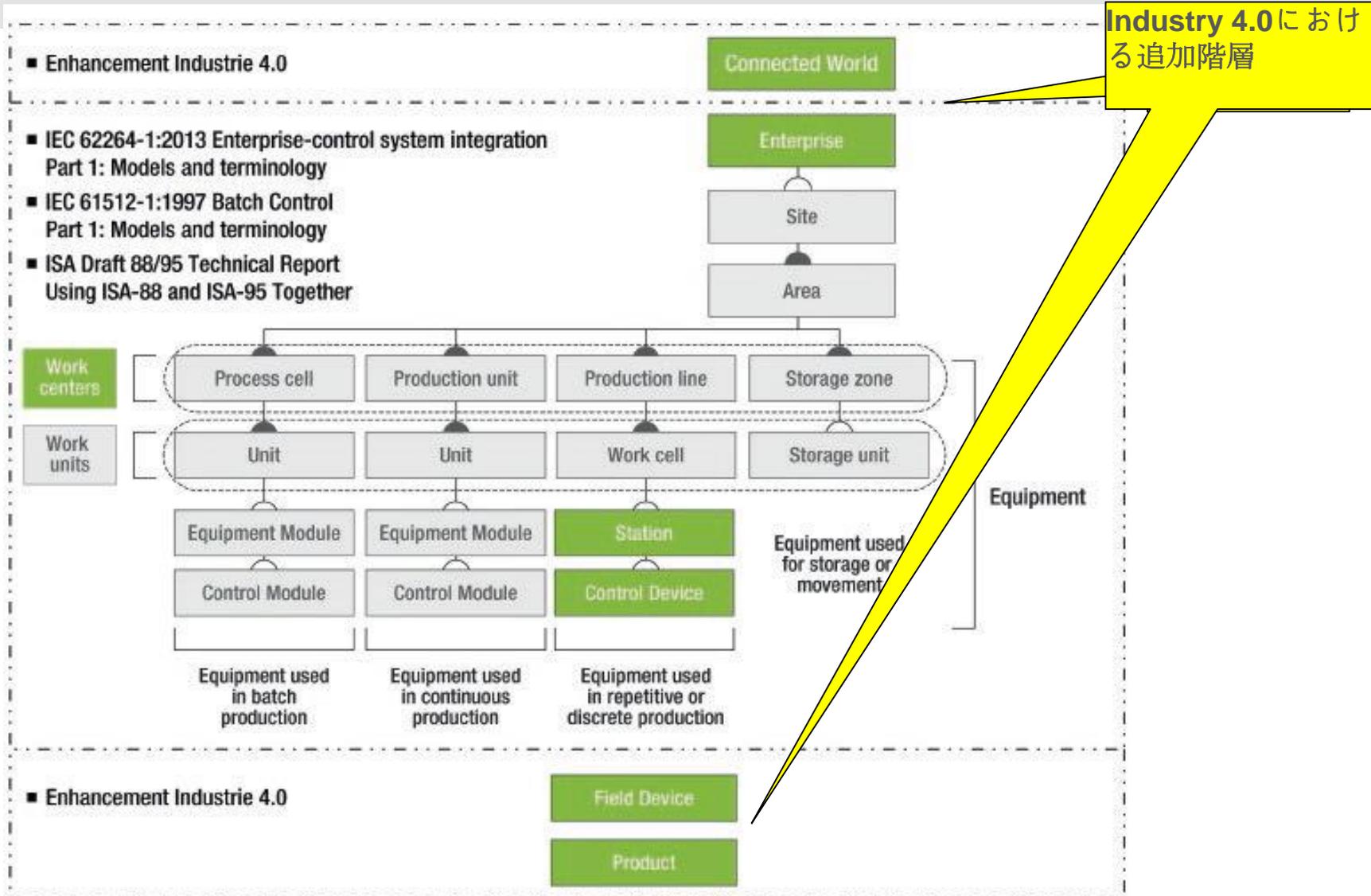
- ◇ 製品開発のライフサイクル

 - IEC 62890 (CD段階、審議中)**

 - Life-cycle management for systems and products used in industrial-process measurement, control and automation

 - ドイツはRAMI4.0の基盤に位置づけているが、内容がふさわしいか要検討

RAMI 4.0 における工場内の機器から外部世界への機能粒界



IEC 62264: Enterprise-control system integration

企業管理システムの統合

- 製造業の事業体としての情報システムの階層構造を述べたもの

Part 1 : モデル及び用語

Part 2 : 企業管理システムの統合のためのオブジェクト及び属性
(製造活動管理システムのオブジェクトモデルと属性)

Part 3 : 製造操業マネジメントの活動モデル

⇒製造活動の管理のアクティビティモデル

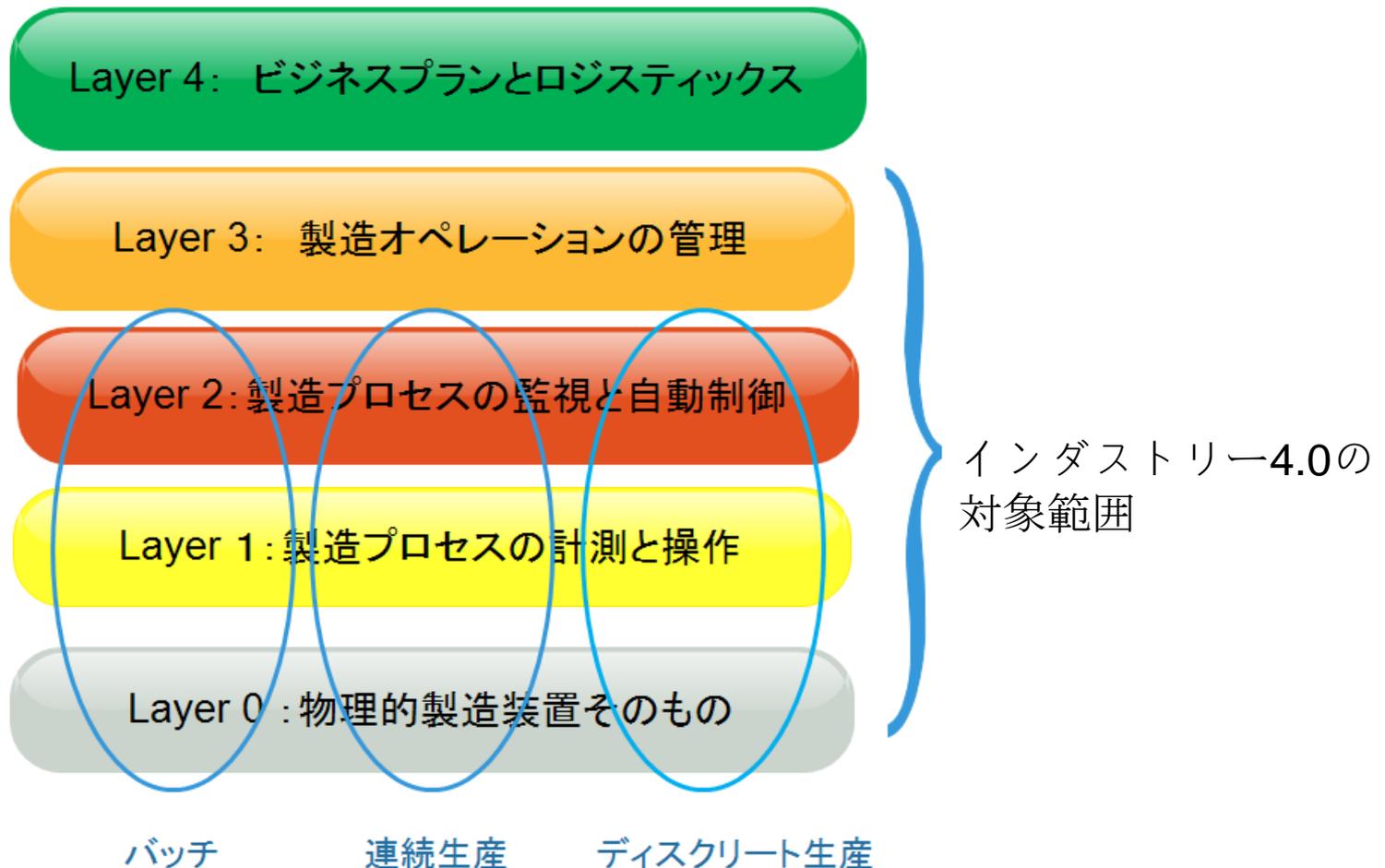
Part 4 : 製造活動のオブジェクトモデルと属性

Part 5 : 製造業取引の事業

⇒経営と製造間の遣取り

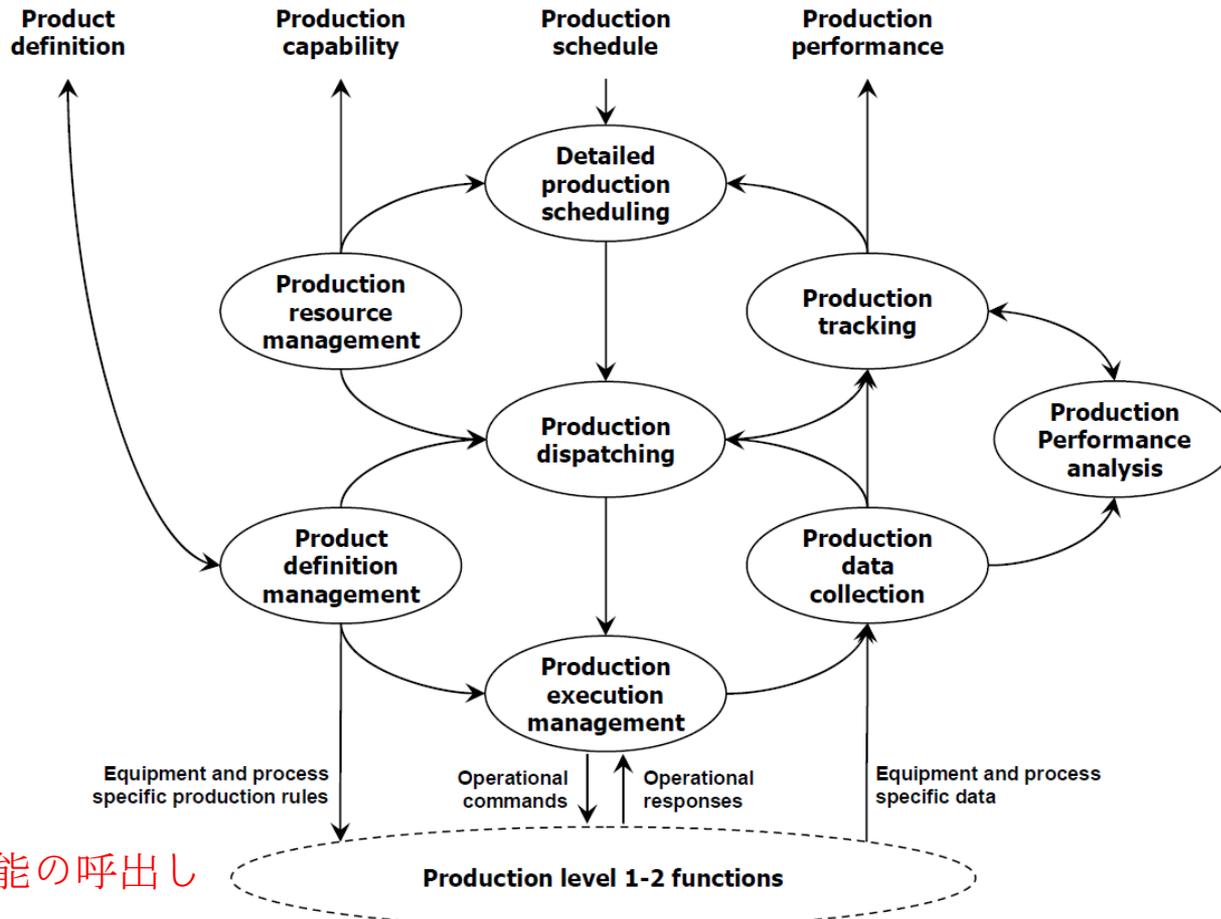
IEC 62264: Enterprise-control system integrationの 基本レイヤーとインダストリー4.0

IEC 62264 (ISA-95)



IEC 62264 の内容の紹介 (IEC 62264-3 Activity model)

第3層のデータフロー・ダイアグラム表記



1, 2層の機能の呼出し

IEC 1001/07

問題点：遣取りされる全ての情報が明記されている訳ではない。

IEC 61512 (ISA-88) : Batch control

バッチ制御

- バッチ制御の用語と概念を情報モデルとして表現したもの
 - Part 1** : モデル及び用語
 - Part 2** : データ構造および言語ガイドライン
 - Part 3** : 原処方およびサイト処方、モデルおよび表現
 - Part 4** : バッチ記録
 - Part 5** : 装置インタフェース手順要素

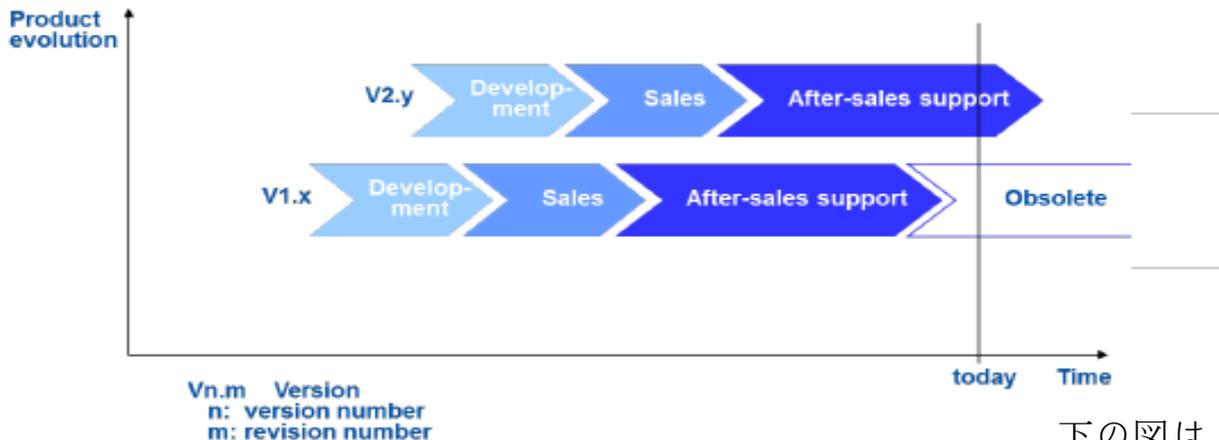
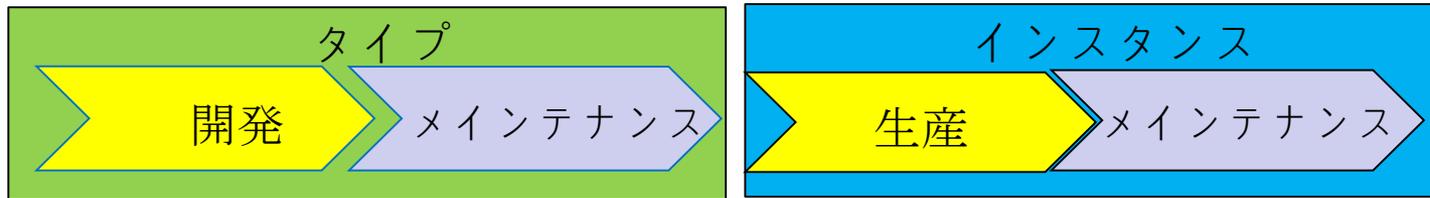
IEC 62541 OPC Unified Architecture

(Open Platform Consortium – Unified Architecture)

- **プラットフォーム独立の産業用M2M通信・相互接続プロトコル**
 - **Part1: Overview and concepts** / 概要および概念
 - **Part2: Security model** / セキュリティモデル
 - **Part3: Address space model** / アドレススペースモデル
 - **Part4: Services** / サービス
 - **Part5: Information model** / 情報モデル
 - **Part6: Mapping** / マッピング
 - **Part7: Profile** / プロファイル
 - **Part8: Data access** / データアクセス
 - **Part9: Alarms and conditions** / アラーム及び条件
 - **Part10: Programs** / プログラム
 - **Part11: Historical access** / ヒストリカルアクセス (**アクセス履歴管理**)
 - **Part12: Discovery** / **OPC-UA機器の検出**
 - **Part13: Aggregate** / アグリゲート機能
 - **Part100: Device interface** / デバイスインタフェース

IEC/CD 62890 Lifecycle management for systems and products used in industrial- process measurement and control

- 全ての行程をタイプ（概念）の開発とメンテナンス、インスタンスの製造とメンテナンスの繰り返しと捉える立場
- 着目すべき概念も含まれるが、まだCD段階で内容が成熟していない
 - 検証試験は？部品交換は？改装は？リコールは？リサイクルは？
 - この規格が全製品分野に当てはまるか疑問。

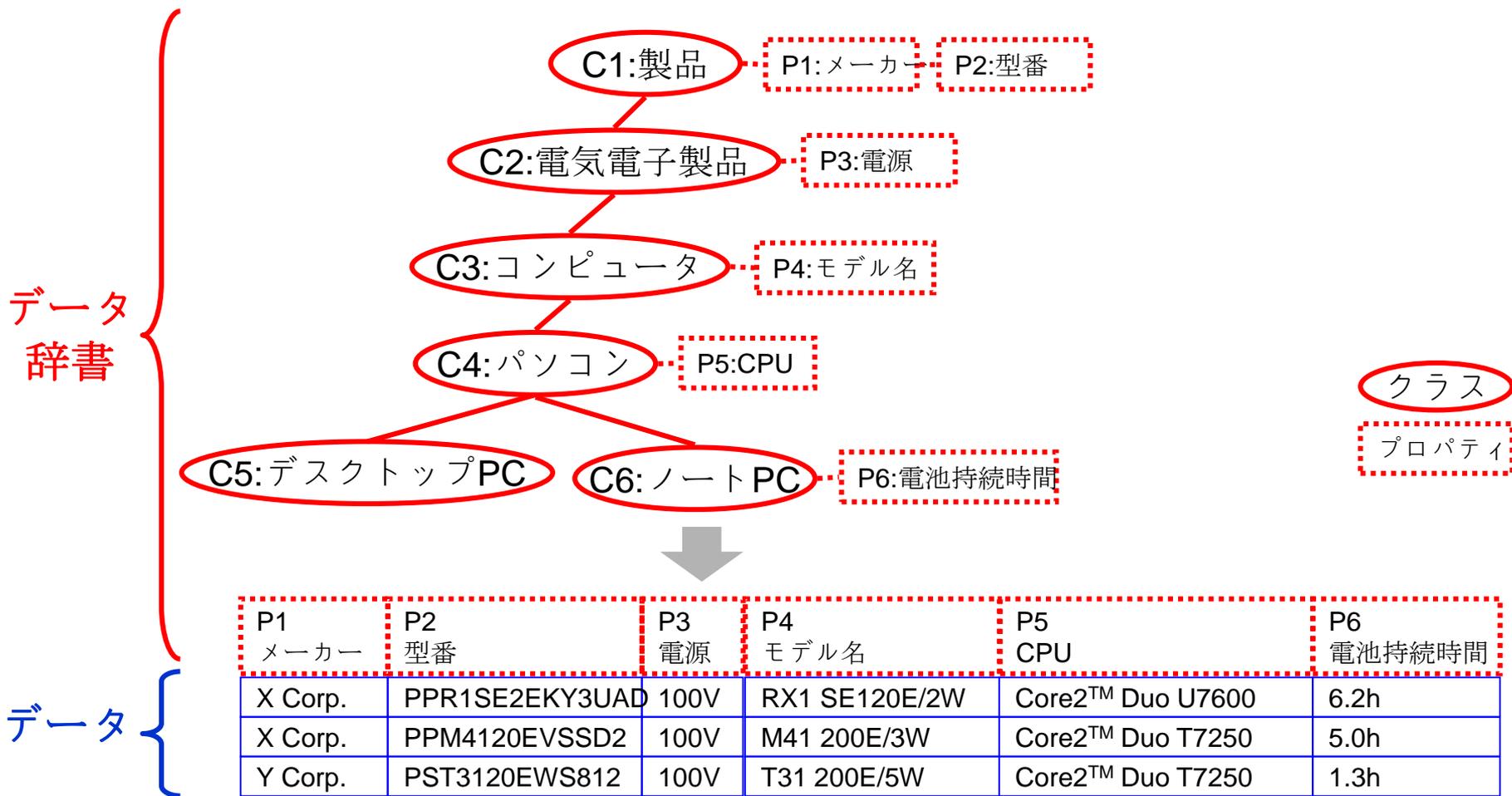


下の図は、IEC/CD 62890から抜粋

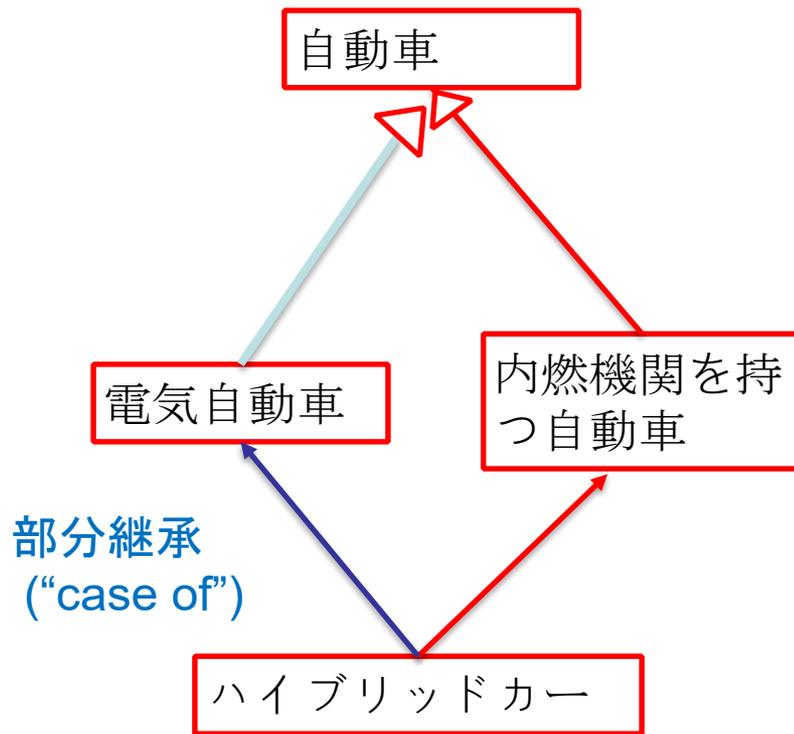
「物」から「こと」、そして「意味」。

- 「物」から「こと」：製品単体ではなく、製品がネットワークを介して、そのアプリと繋がるのが重要
 - ⇒今更！ プロトコルの接続の互換性は当たり前では？
- 「こと」から「意味」の共有を経て、初めて市場が広がる。
 - **OPC**で繋がるのは、物理通信層の接続、あるいは**OPC**に参加する企業群の中の通信接続プロトコルの意味共有。
 - 共有通信プロトコルだけでは、決め打ちのコンテキスト外で、製品やサービス、現象の属性の広範な意味共有はなされない。
 - セキュリティは考慮しつつ、レイヤーや組織境界を超えた情報の多角的な活用のために、セマンティクス（値の『意味』）の共有が必要となっている。
 - **rated voltage**（定格電圧）は、**1.5KV**以上と以下で意味が異なる
 - **Make once, use many times.**

データ辞書 (オントロジー) とインスタンスの例

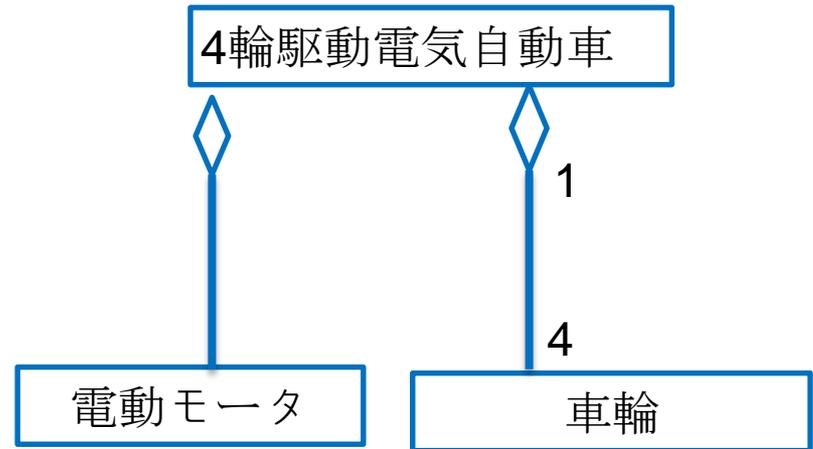


データ辞書が備える最少の典型的機能 (is-a, has-a)



Is-a relationship:

自動車属性は下位クラスに継承される



Has-a relationship :

4輪駆動電気自動車の属性は、構成クラスには継承されない

IEC CDD (IEC 61360 Common Data Dictionary)

- **Part1: Definitions - Principles and methods**

原則及び方法

ED4. 開発中

- **Part2: EXPRESS dictionary schema**

EXPRESS辞書体系 (⇒ EXPRESS言語による辞書スキーマ)

- **Part4: CDD DB本体**

- **Part6: Quality guide (開発中)**

品質ガイド

IEC 62656 : Standardized product ontology register and transfer

- **Part1: Logical structure for data parcels**

データパースルの構造

- **Part2: Application guide for IEC CDD**

IEC CDDのためのアプリケーションガイド

- **Part3: Interface for Common Information Model**

CIMインタフェース

- **Part4: 延期**

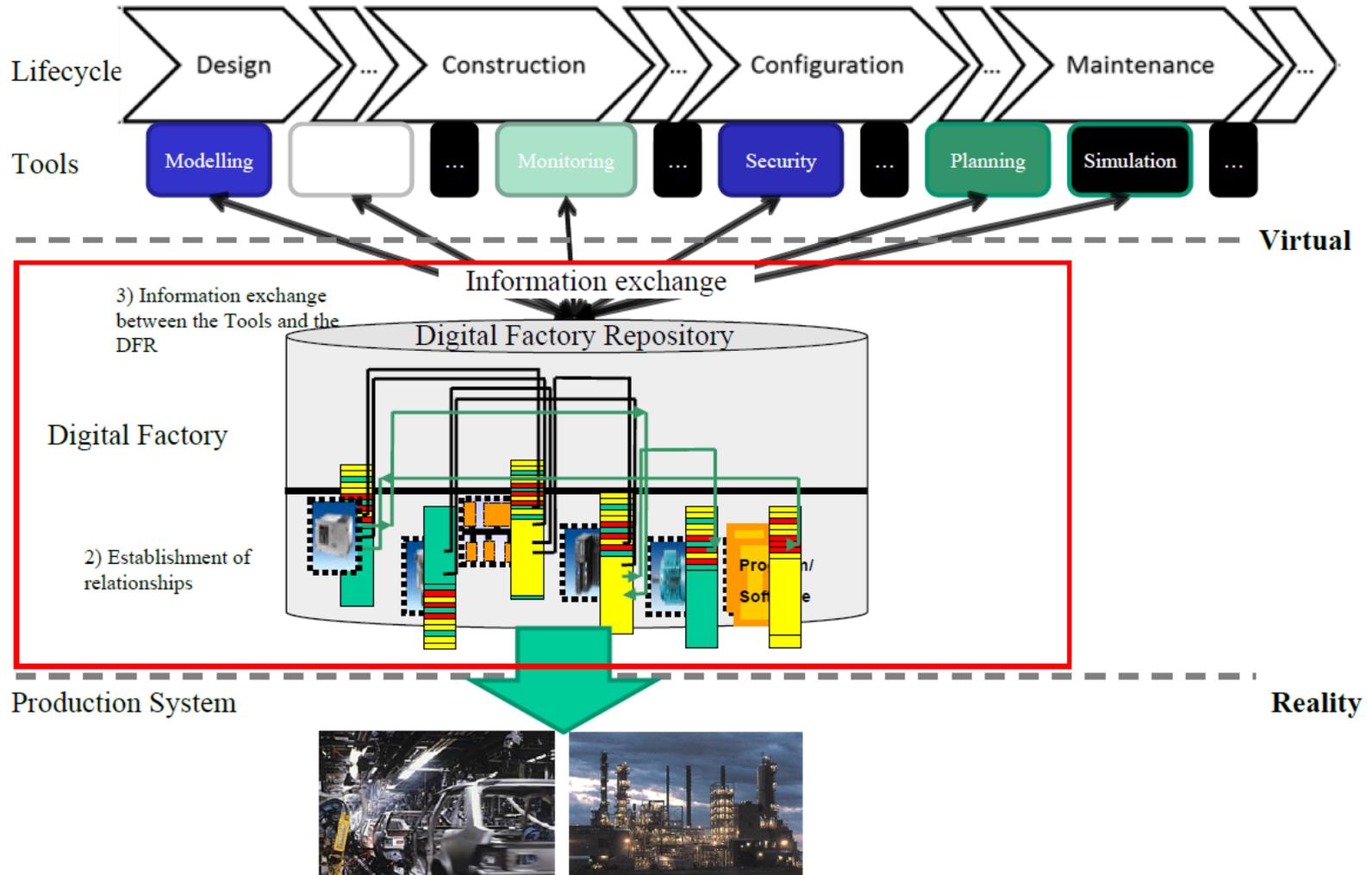
- **Part5: Interface for spatio-temporal description of geometric entities (仮題)**

幾何要素の時空間表現のためのインタフェース

デジタルファクトリー規格構想 (IEC 62832

Reference model for representation of production facilities (Digital Factory))

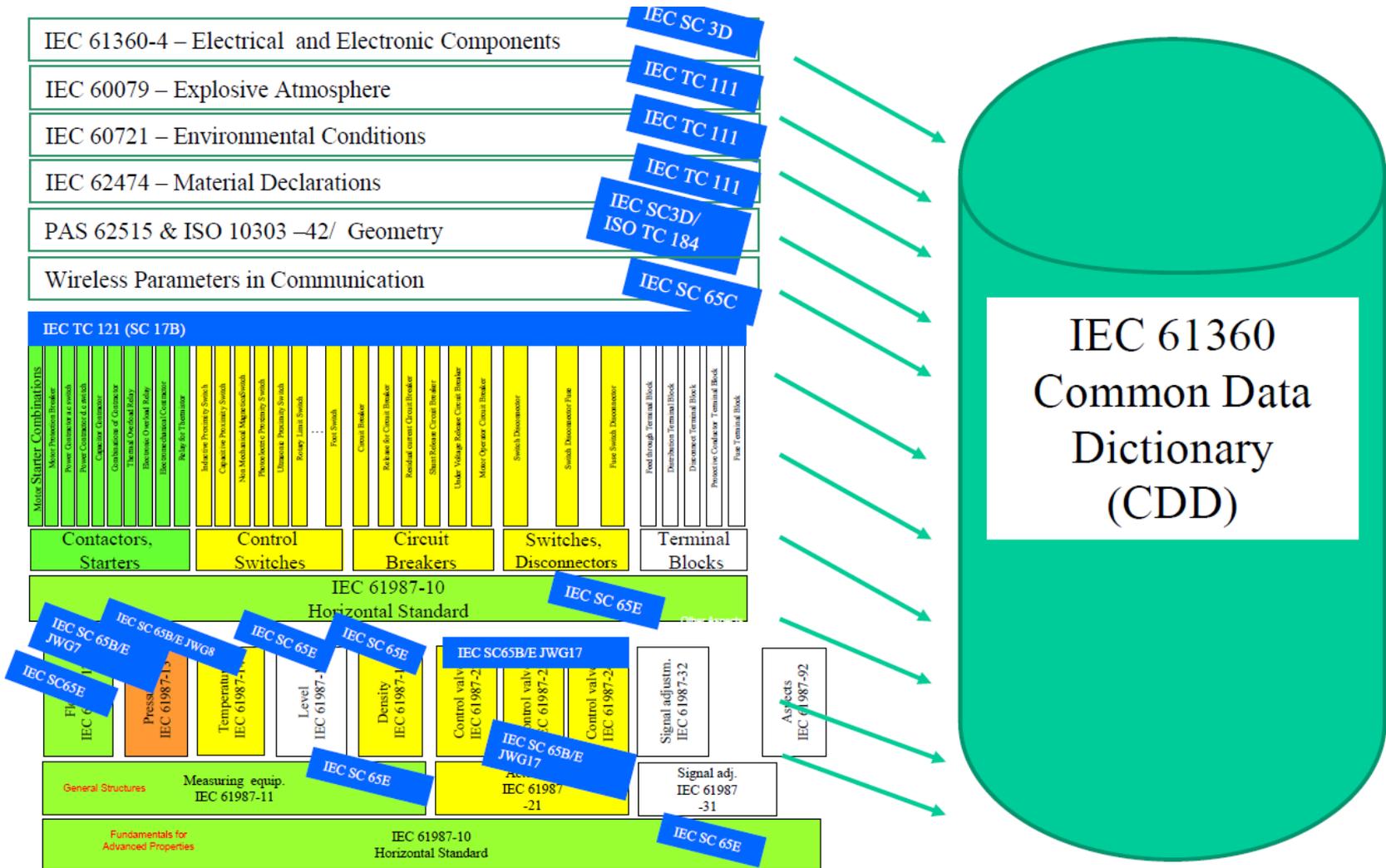
プラントのライフサイクルに渡るデジタルミラー



但しまだCD段階、かつ成立してもTR

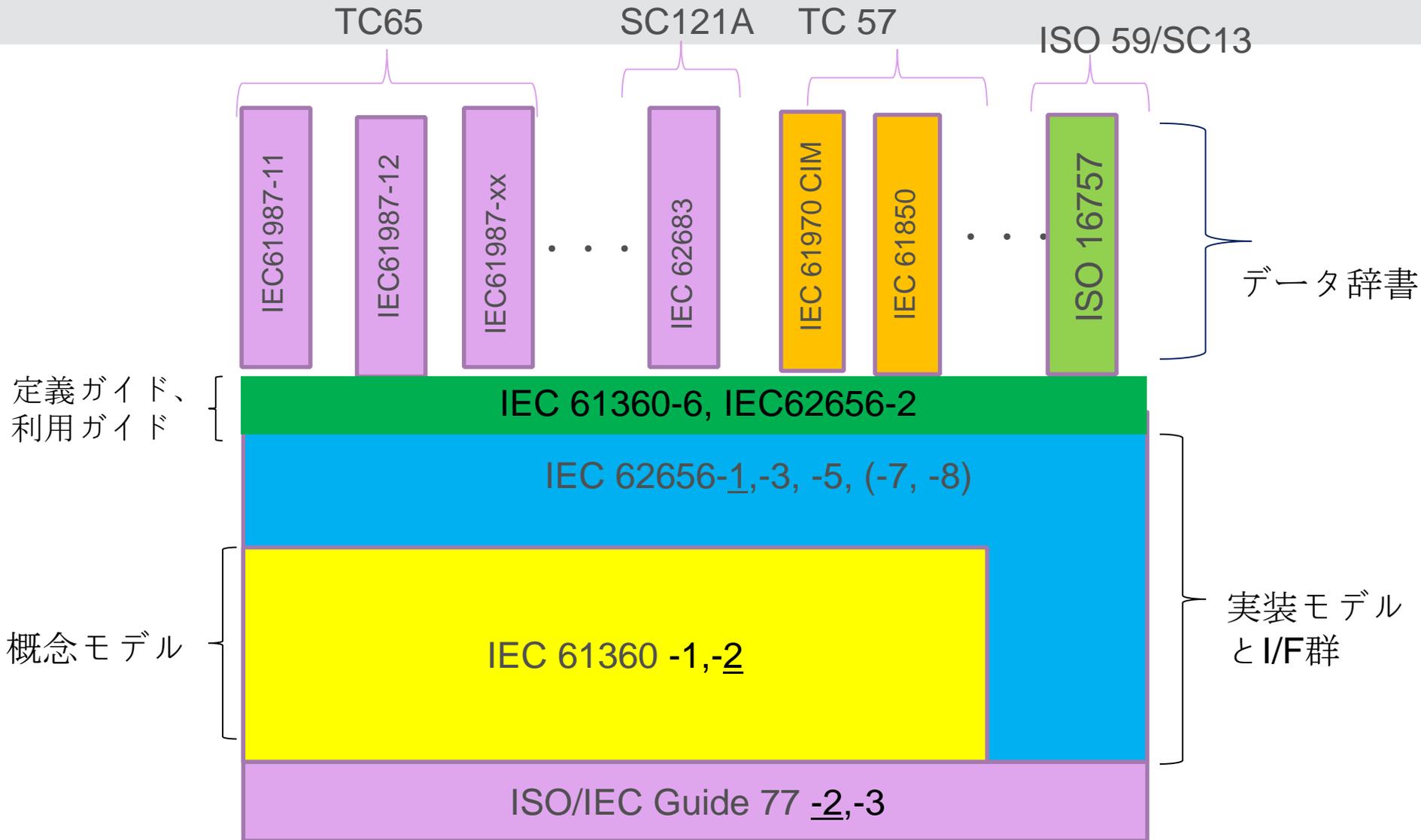
出典：IEC TC65 公開資料

CDDのデジタルファクトリーにおける利用



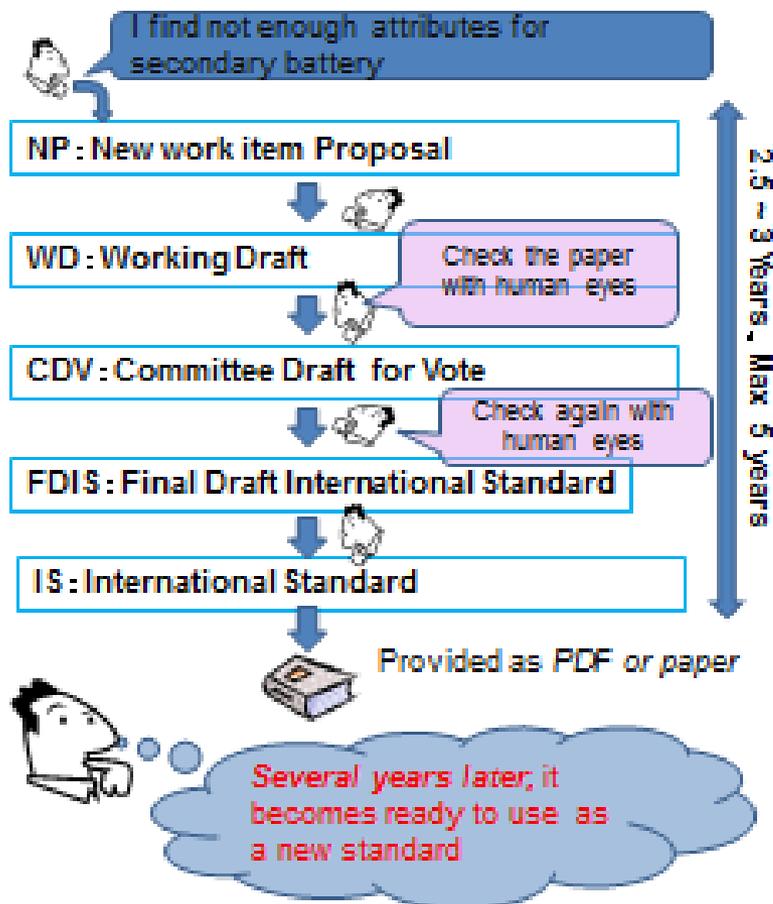
“Digital Factory and Industry 4.0 in the Context of the Internet of Things”, IEC TC65 material

IEC CDDの実際の構成

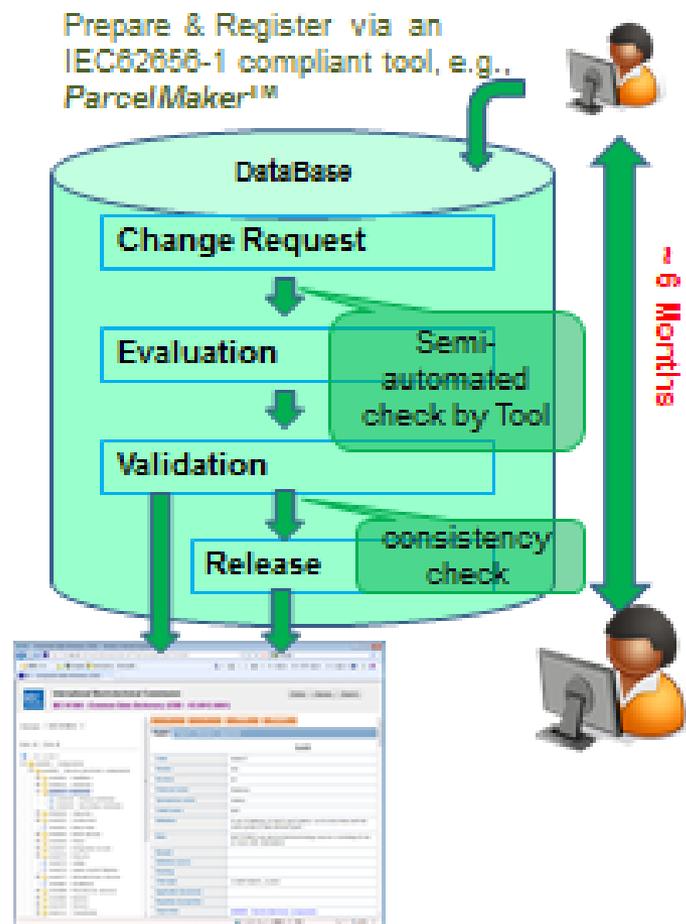


データベース手続きによる規格の改訂・更新

IEC paper-based procedure

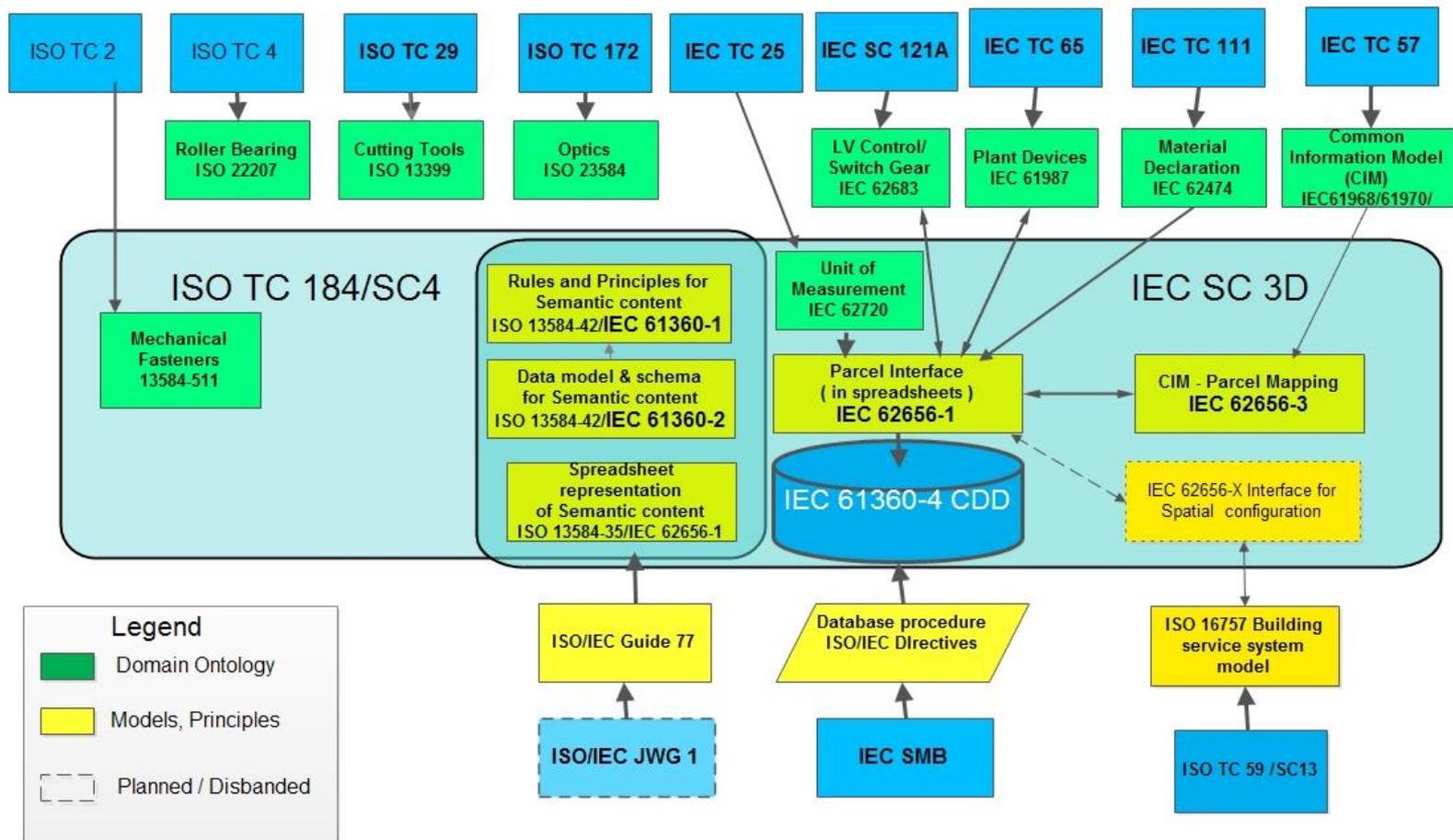


IEC Database Procedure

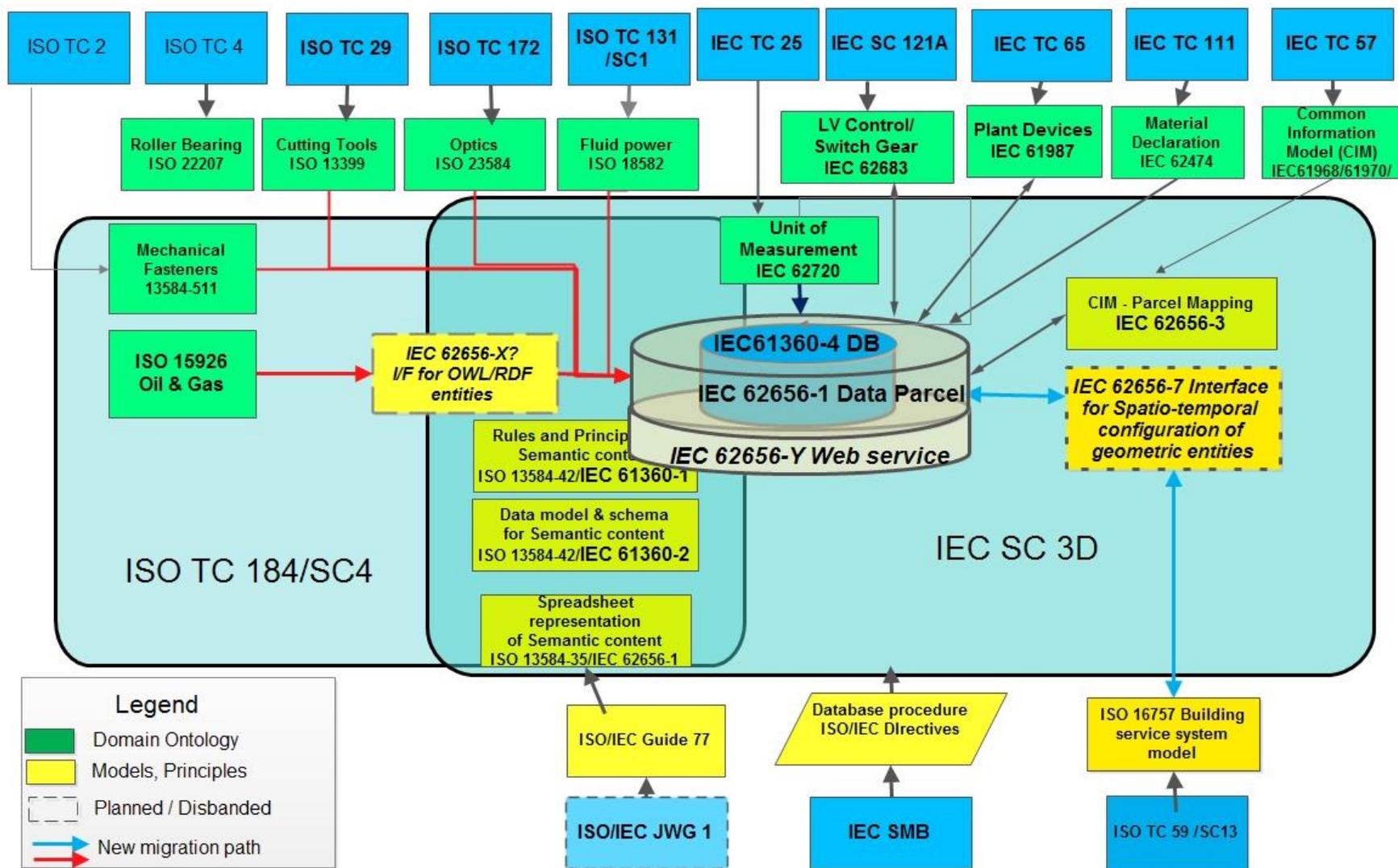


Within 6 months to become part of IEC61360-4 CDD online DB as International Standard

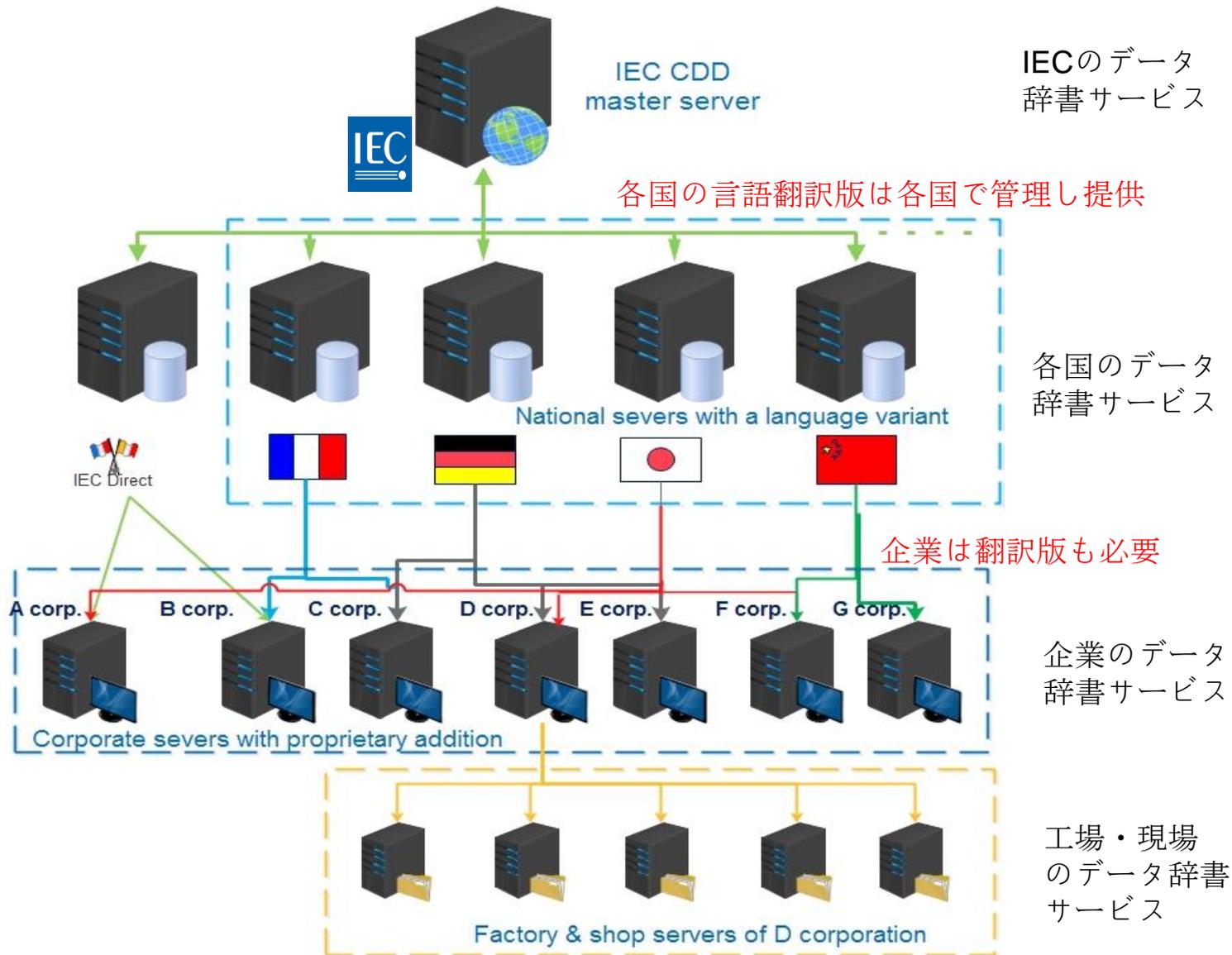
IEC CDDを廻るIECやISOの各TC/SCとの協力 (as of 2015-10)



IEC CDD から ISO/IEC 共通オントロジーサーバへ



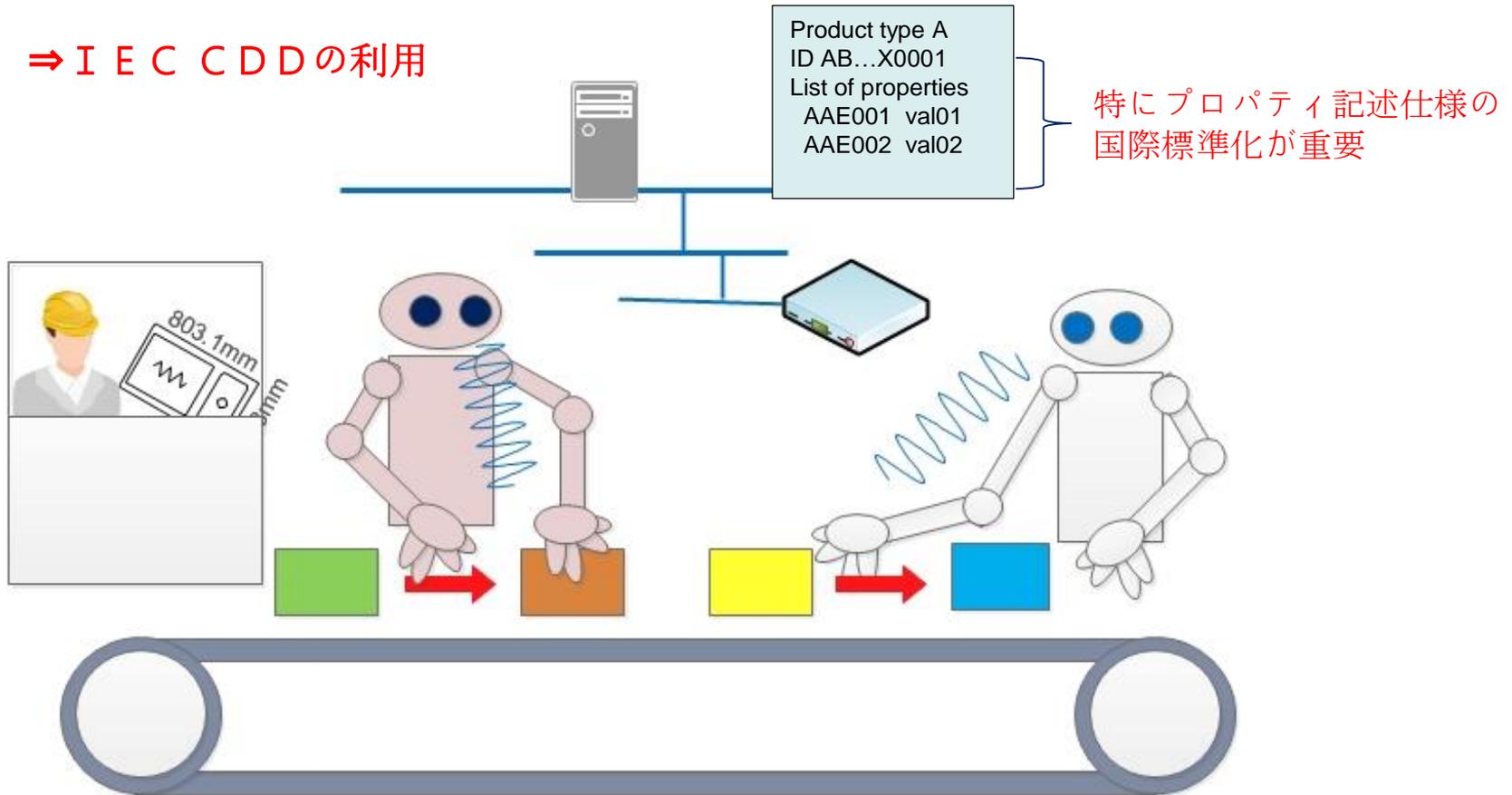
将来のIEC CDDの配備展開（検討案）



生産への応用 イメージ

- 多国籍の多種多様な部品からなる多目的の製品を、同一ラインで自動生産しようと思えば、製品の部品構成や機能構成、属性仕様の明確化が必要。
- 人手を介して入力していたのでは、コストダウンには結びつかない。
- 基本属性の記述仕様は共通化が必要。

⇒ I E C C D D の利用



EPC 産業応用例 イメージ

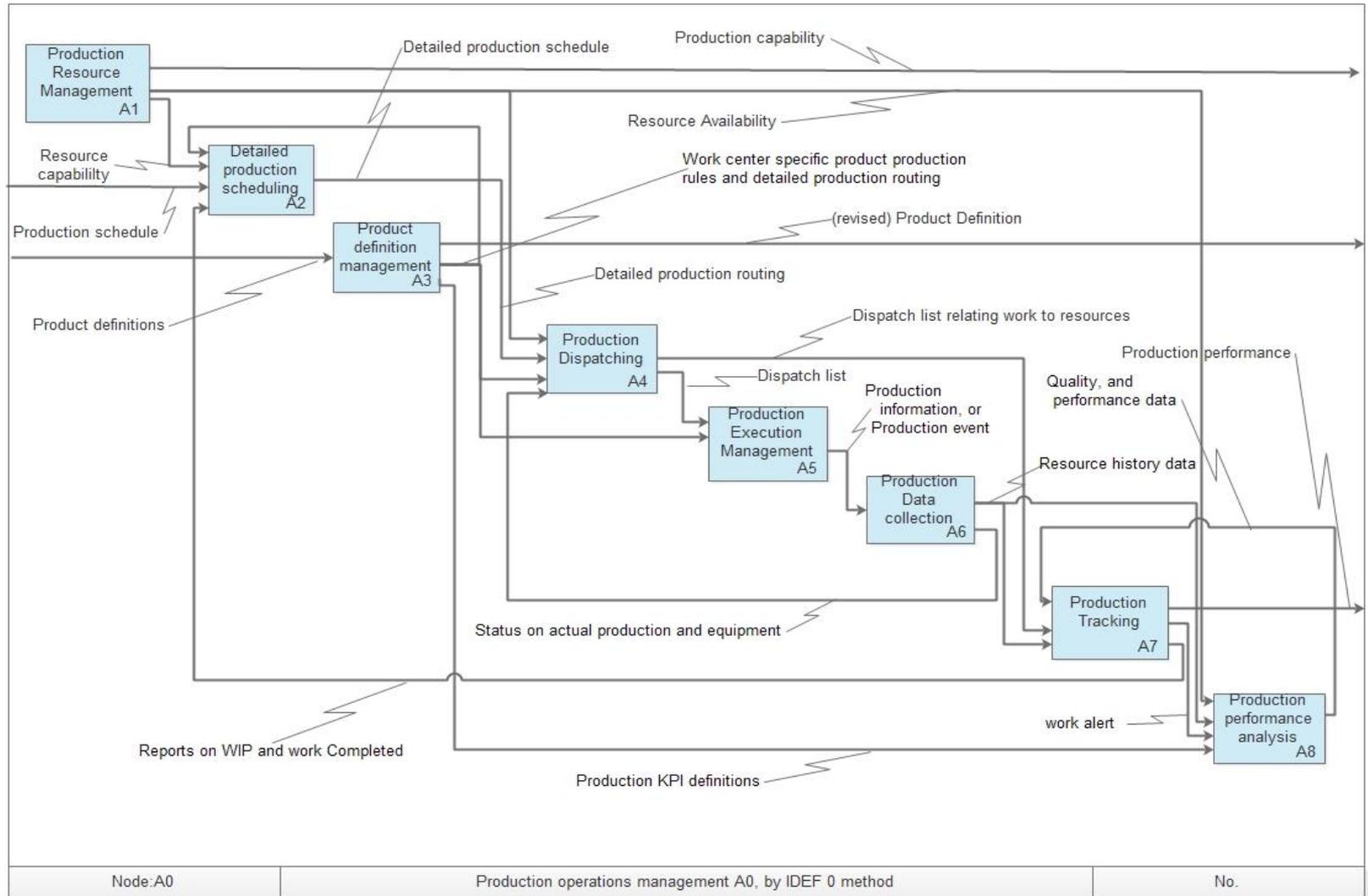


結論

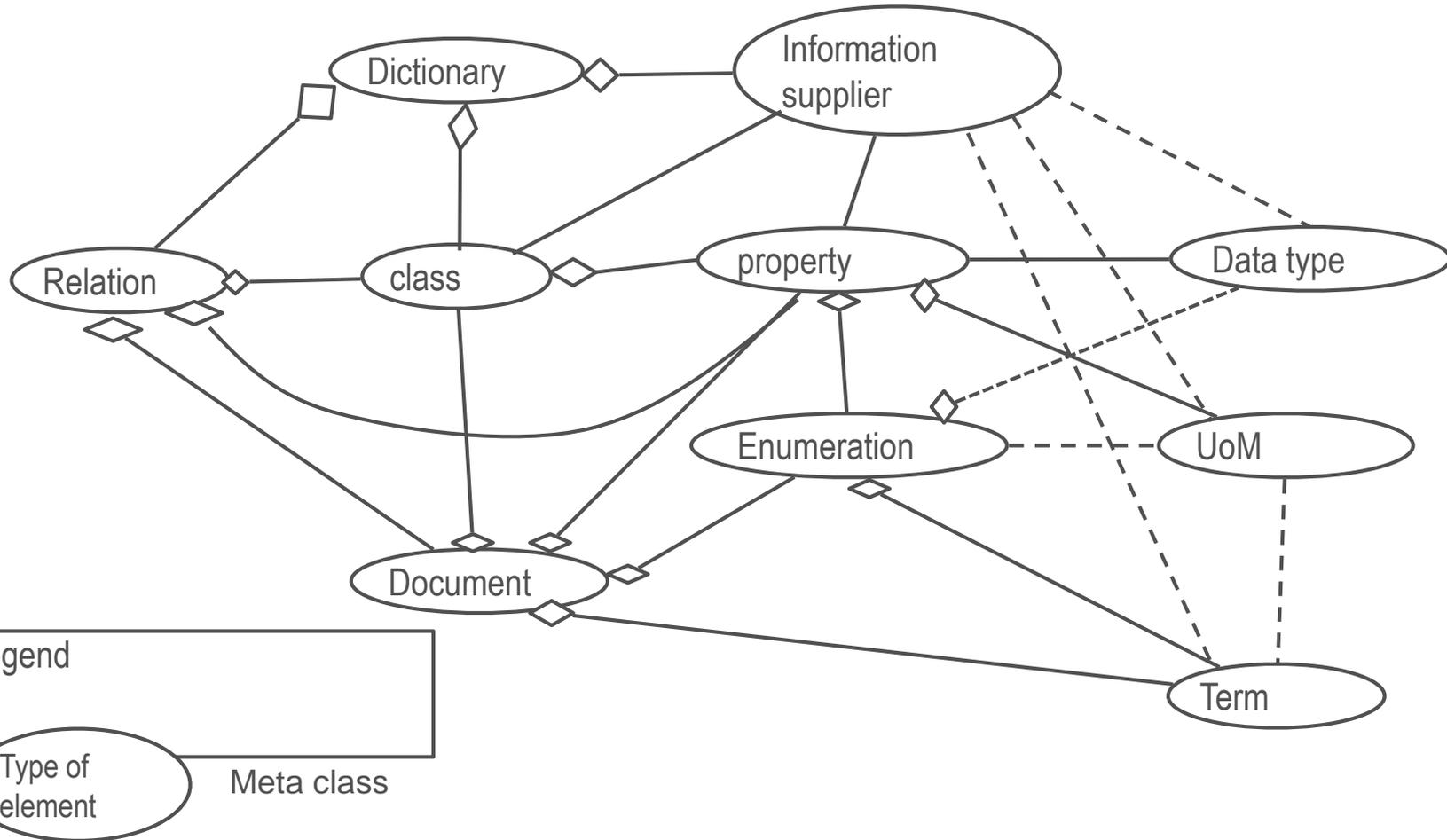
- 完全に統合化され、システム化された状態には無いが、インダストリー4.0の構成する要素技術の多くは、既に国際標準として整備され、一部製品化されて市場に存在する。
- R A M I 4.0を踏まえながら、企業毎に、製品や生産に必要な規格を選択・選別して適用し、まず、**通信面の相互接続・互換性の確保**に始まり、漸進的に高度なスマートマニュファクチャリング/インダストリー4.0に向かうのであろう。
- 人と同等な完全なA Iの完成を待つのではなく、**CPSに更新可能な多言語のオントロジー**を組込むことにより、人や設備の合理的判断や管理を効率良く補足する形の『知的生産の時代』が先に到来するのではないか？

補足資料

IEC62264-3 内容のIEC62656-1,-5によるオントロジー・データ化 (IDEF-0 は検証用に (半) 自動生成したもの)



Underlying concept of IEC62656-1 --- category theory



A meta class is described by a number of meta-properties

The world is made up of a collection of a few different sets of ontological elements whose underlying structures are almost uniform, (metameta-)class, property, and relation.

Base structure of a Parcel

		Instruction column	Cell columns			
Class header section	#SOURCE_LANGUAGE:=EN					
	#CLASS_ID:=C001					
	#CLASS_NAME.EN:= Regional cuisine					
	#PARCEL_CC:=1					
Schema header section	#PROPERTY_ID	P001	P002	P003	P004.EN	P005.EN
	#ALTERNATE_ID	APID001	APID002	APID003	APID004	APID005
	#PROPERTY_NAME.EN	Maker ID	Salt	Sugar	Locality	Speciality
	#DEFINITION.EN	maker ide...	mass of salt in..	mass of sugar ..	place or ...	cuisine that..
	#DATATYPE	STRING_TYPE	REAL_MEASURE_TYPE	REAL_MEASURE_TYPE	STRING_TYPE	STRING_TYPE
	#VALUE_FORMAT	M..100	NR2..7.4	NR2..7.4	M..100	M..100
	#UNIT		kg	kg		
	#REQUIREMENT	KEY			KEY	KEY
Data section		HM	0.01	0.02	Kagoshima	Sakezushi
		NO	0.02	0.01	Vienna	Schnitzel
		NM	0.03	0.02	Osaka	Takoyaki
		LO	0.01	0.03	Sichuan	Mapodoufu
		WW	0.02	0.01	Hagen	Sauerkraut
		GP	0.07	0.04	Poitiers	Pot au feu

Header section

IEC 62656-1規格の規定するPOM(Parcellized Ontology Model)は、4層のオントロジーレイヤー構造を持つ

MOは、AOのインスタンス、DOはMOのインスタンス

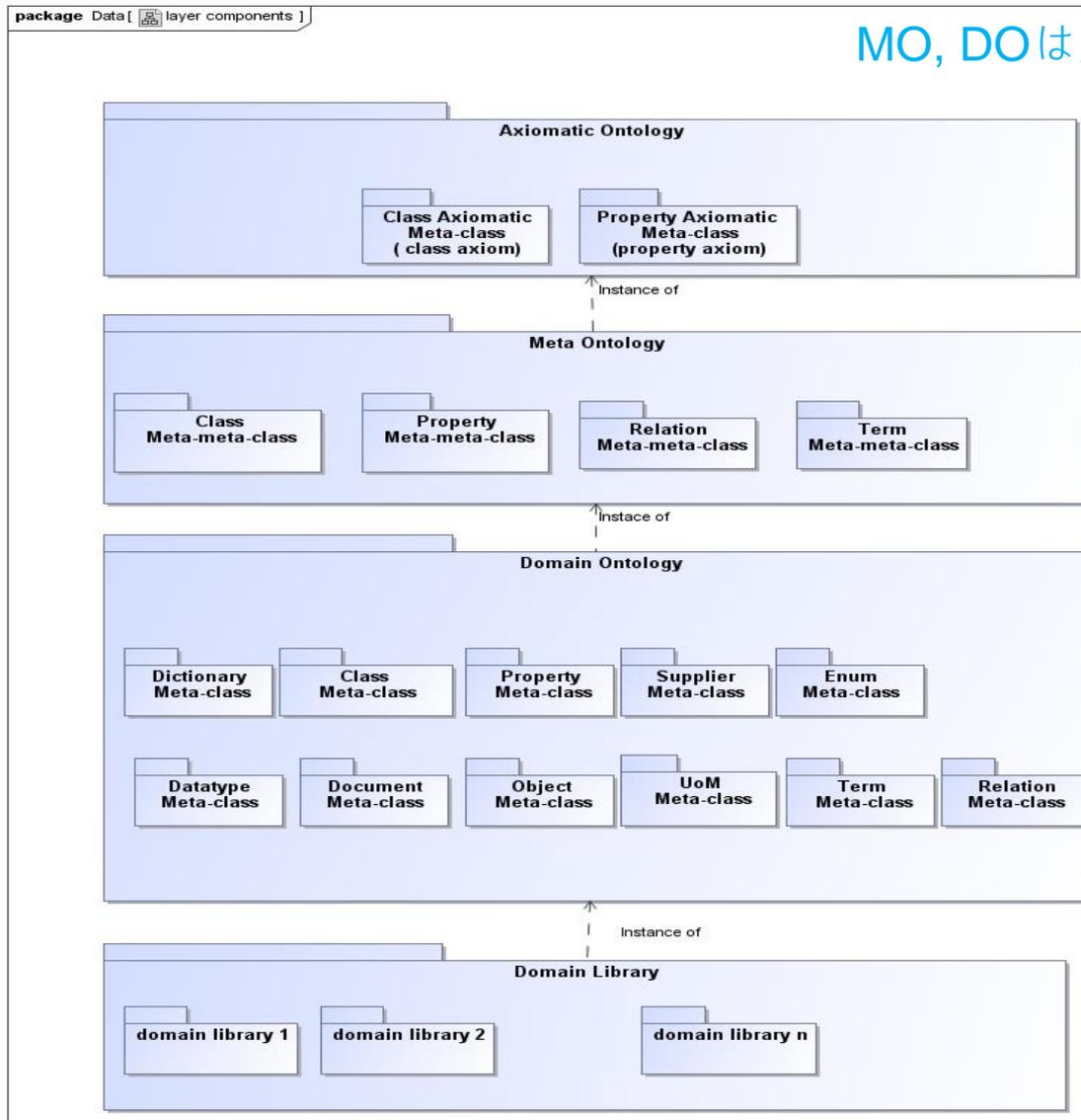
MO, DOは必要に応じて進化し変形

AO: 公理的オントロジー

MO: メタ・オントロジー
= オントロジーモデル

DO: ドメイン・オントロジー

DL: ドメイン・ライブラリー



IEC 62656: Standardized product ontology register and transfer by spreadsheets

- *Part 1: logical structure for data parcels (IS)*
- *Part 2: Implementation guide for use with IEC CDD (TS published)*
- *Part 3: Interface for Common information model (IS)*
- *Part 4: (deferred)*
- *Part 5: Interface for description of activities (CD)*
 - *CDV submitted*
- *Part 6: Interface for 2D barcode representation (NP planned)*
- *Part 7: Interface for description of geometric entities*
 - *NP/WD being prepared*
- *Part X: Interface for OWL/RDF description*
- *Part Y: Web-service interface*

(to be started in early 2016, or the date may be advanced)

国際規格と関連情報の入手

- 日本規格協会
<http://www.webstore.jsa.or.jp/webstore/top/index.jsp>
- I E C Web store
<https://webstore.iec.ch/>
- ISO Web store
<http://www.iso.org/iso/store.htm>
- OPC foundation
<https://jp.opcfoundation.org/>
- ISA (International Society of Automation)
<https://www.isa.org/>
- IEEE P2413 Working Group
<https://standards.ieee.org/develop/project/2413.html>
- I E C C D D
<http://std.iec.ch/iec61360>

付録 : IEC 62264 : Enterprise-control system integration

- **IEC 62264 comprises parts as follows:**
 - **Part 1: Object Models and Attributes of Manufacturing Operations (First edition 2003-03)** [\[2\]](#)
 - **Part 2: Object model attributes (First edition 2004-07)** [\[3\]](#)
 - **Part 3: Activity models of manufacturing operations management (First edition 2007-06)** [\[4\]](#)

- **under development**
 - **Part 4: Object Models and Attributes of Manufacturing Operations**
 - **Part 5: Object Models and Attributes of Manufacturing Operations Management**
 - **Part 6: Business to Manufacturing Transactions**

付録：S G 8 国内委員会メンバー団体

関連TC	所掌団体
TC3 (情報構造)	日本規格協会
SC3D (電気電子メタデータライブラリ)	電子情報通信学会
SC22G (可変速駆動システム)	電気学会
SC121A (低圧開閉装置)	日本電機工業会
TC44 (機械安全性(電気))	日本機械工業連合会
TC65 (産業計測制御オートメーション)	日本電気計測器工業会
TC111 (環境)	電子情報技術産業協会
ISO/TC184 (産業オートメ・インテグ)	製造科学技術センター
ISO/TC199 (機械安全性(機械))	日本機械工業連合会
JTC1/SC27 (セキュリティ技術)	情報処理学会
ISA	
IEEE	