

オントロジーの理論と国際標準



村山 廣

SATS Incorporation,
ISO TC184/SC4 / JWG24 Convenor
for Standard Applied Technology & Services

自己紹介

- ・ <会社関係>

- ・ 元々は名大出身の原子核工学分野の技術者。会社吸収合併に伴い、日本原子力事業（NAIG）から東芝へ転籍。1984-1992年頃まで、主として原子炉建屋と炉心の一体耐震設計用3次元CADを研究開発し設計解析用に実用化。その褒美として仏エコール・デ・ミンへ留学。
- ・ 1989-1991 エコール・デ・ミンの画像工学研究所にて次元の混ざった形状（非多様体、non-manifold）間の正規化ブーリアン集合演算の理論とアルゴリズムの開発
- ・ 1993～2020年 東芝R&Dセンターにて製品・部品データベース及びオートロジー・データベースの研究開発に従事。2017より東芝フェローとして後進の育成に当たる。
- ・ 2020年8月 依願退職。国際標準開発のコンサル企業SATSを設立

- ・ <以下 国際標準化関係>

- ・ 1995～2007 ISO TC184/SC4にて、仏LISI/ENSMA研究所長のG.Pierra教授に協力し、ISO 13584 Parts Library (PLIB)規格の開発に従事、3分冊を担当し執筆
- ・ 2008～2017年 IEC SC 3D (Common Data Dictionary) 国際議長。現在のCDDのデータモデルであるIEC 61360-2およびIEC 62656-1を執筆。
- ・ 1993～現在 ISO TC 184/SC4 Industrial Data 委員。2018年よりISO TC 184/SC4/JWG 24 コンビーナ
- ・ 規格プロジェクトリーダーまたはエディタとして10の国際規格とガイドを直接執筆。その他、多くの国際規格プロジェクト（ISO 10303-42, ISO10303-221, ISO 10303-227, ISO 8000-115, ISO22745）に参加し寄稿。

概要目次

- ツアー・オブ・ホリゾン（概要見聞の旅）
 - 映画の中のオントロジー
 - 産業利用されているオントロジー
 - 動画で学ぶオントロジー
- オントロジーとは
 - アリストテレスのオントロジー
 - 言葉の意味関係で築くオントロジーと対象の集合属性で築くオントロジー
 - オントロジーの基本要素 “is-a”と“has-a”、
 - 木か格子か網か
- 初めに言葉ありき？ IDありき!? 否、オントロジー有りき！
 - 猿にも分かるオントロジー
 - 鳥にも分かるオントロジー
- オントロジーは万能か一雪国とSnow Countryの間
 - ホテルは湖の中？湖の上にある？
- オントロジーは一日にして成らず。
 - Synchronical vs Diachronical（的オントロジーか経時的オントロジーか）
 - 安易にNamespaceをIDに用いる危険
- 「西洋人も人なり、佐賀人も人なり、薩摩人も人なり、退屈せず(くじけず)研究すべし」

今脚光を浴びるオントロジーとは如何なる技術か？

1. ある集団で共有される様々な事象に関する知識とその間の関係のデータベース
 1. 比較的大きな集団：例) 業界、政府、国民、国際産業同盟、軍事同盟, etc.
 2. 'もの'とその状態の記録、経過と変遷を記録し、施策決定の基礎とする
 3. 概念の呼称となる用語の定義と意味とそのコンテキストを明確化する
2. 共有化のために各事象毎に重要な情報項目が集団内で標準化されていることが要件
 1. 換言すれば、対象とする集団の内部グループ間で全体共有すべき知識と極く一部で秘匿すべき知識が明確に分けられていること
 2. ある役割における決定に必要な情報が選別されていること
 3. 標準は作ることより維持管理が難しい。その効率的な更新の仕組みが必要
3. 情報を見るだけでなく、そのデータベース（DB）構造と情報を簡単にサーバーからアプリケーション間で交換し、追加増補可能なことが肝要
 1. オントロジーの維持更新はドメインの専門家が行えること
 2. 「辞書」と呼ぶカートリッジ式のスキーマでデータベースの情報項目を更新する
 3. 辞書は分野技術の専門家が記述する。辞書を随時追加し更新していく

映画「STARWARS」の中のオントロジー

- オントロジーとは、対象に含まれる全ての事象の概念とその関係を記述した付加価値の高いデータベースである。プラント・エンジニアリング企業にとってプラント等の設計から建設・運転・廃棄または再利用に及ぶライフサイクルデータが重要であるが、様々な分野応用があり、医療から観光、更に海外では軍事応用も図られている。
- R2D2がデータポートからデス・スターのオントロジー・データを盗み出している
- [R2Ds sucks data from death star](#)

産業利用されているオントロジー（１）

但し、BFOグループの主張です

- 1. Affective State Ontology
- 2. Agent History Ontology
- 3. Agent Information Ontology
- 4. Aircraft Ontology
- 5. Air Force Action Taken Codes Ontology
- 6. Air Force Aircraft Maintenance Ontology
- 7. Air Force How-Malfunction Codes Ontology
- 8. Air Force Maintenance Status Codes Ontology
- 9. Air Force Type Maintenance Designators Ontology
- 10. Air Force When-Discovered Codes Ontology

産業利用されているオントロジー（２）

- 11. Army Universal Task List Ontology
- 12. Citizenship Ontology
- 13. Curriculum Ontology
- 14. Cyber Ontology
- 15. Ethnicity Ontology
- 16. Food and Allergy Ontology
- 17. Food Ontology
- 18. Hydrographic Feature Ontology
- 19. Joint Doctrine Ontology
- 20. Legal and Criminal Act Ontology
- 21. Maintenance Activity Ontology
- 22. Medical Information Ontology
- 23. Military Command and Control Ontology
- 24. Military Intelligence Ontology
- 25. Military Occupations Ontology
- 26. Military Operation Ontology
- 27. Military Planning Ontology
- 28. Occupation Ontology

産業利用されているオントロジー（3）

- 29. Outer Space Ontology
- 30. Physiographic Feature Ontology
- 31. Planning Ontology
- 32. Sensor Ontology
- 33. Skills Ontology
- 34. Spacecraft Mission Ontology
- 35. Spacecraft Ontology
- 36. Space Event Ontology
- 37. Space Object Ontology
- 38. Transportation Infrastructure Ontology
- 39. Undersea Warfare Ontology
- 40. Watercraft Ontology

動画で学ぶオントロジー

軍事分野

- War Fighter Ontology

https://www.youtube.com/watch?v=JkQG1_gsXtc

- A repeatable process for ontology development in military domains

<https://www.youtube.com/watch?v=fB6BjF4IAQ4>

- BFO 一般 (PLCもRDLもBFOを用いないが故の失敗例に上げられている！)

<https://www.youtube.com/watch?v=QGmwIWmyJeg>

ISO/IEC 国際標準としての産業オントロジー

- IEC 61360-4 Common Data Dictionary (CDD)
- ISO 15926-4 Reference Data Library (RDL)
- ISO 22745 Open Technical Dictionaries (OTD)
- 上記は、何れもコンテンツだけでなく、独自にデータモデルを定義している

オントロジーのモデル規格

- ISO13584-42/IEC 61360-2 Common Data Dictionary (CDD)
- ISO13584-35/IEC 62656-1 Parcelized Ontology Model (CDD extension)
- ISO 15926-2 Reference Data Library (RDL)
- ISO 22745 Open Technical Dictionaries (OTD)
- ISO/TS 29002 Exchange of characteristic data
- ISO/IEC 21863-2 Top-level ontologies (TLO) — Part 2: Basic Formal Ontology (BFO)

問題の背景

1. オントロジーは共通用語集ではない
 - 単に用語を標準化しただけでは、問題は解決しない。新たな問題の種となる。
 - 用途や分野により有意に意味に異なる用語や記述を明確に識別する必要がある
- ダイバーシティの時代に1言語だけでは関係者に概念を伝えられない
 - 多様な集団間で多言語で概念を共有することが必要
 - 全ての言語翻訳が同時にできる訳ではない
- 概念は異なる言語間で簡単に翻訳できない——1単語対1単語、1文対1文では対応していない⇒多言語の辞書が必要
 - 多くのオントロジー言語は、英語の述語を基本とする一階述語論理を基礎としている
 - 例 $Is_in(\text{村山, 指宿}), Is_in(\text{鶴巻, ENAA}), Is_in(\text{ENAA, 港区}), Is_in(\text{港区, 東京})$
 - $Is_in(\text{村山, 東京})? \Rightarrow \text{False}, Is_in(\text{鶴巻, 東京})? \Rightarrow \text{True}$
 - 果たして述語論理は、その役目に耐えるか？

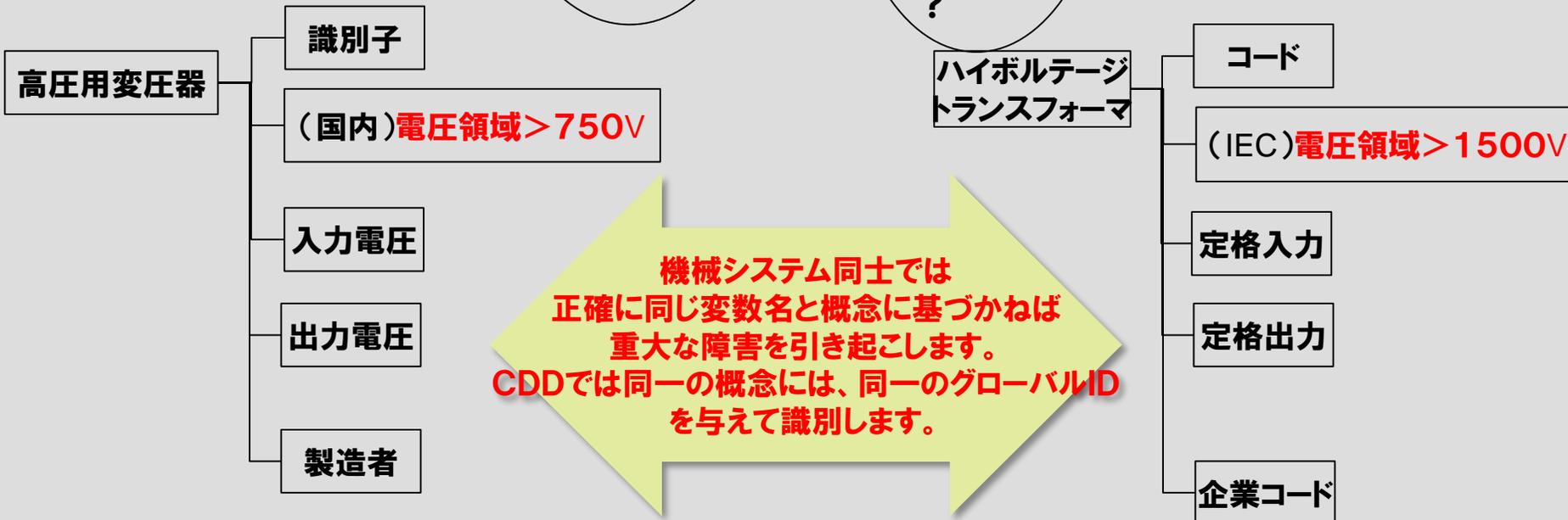
オントロジー共有の意義： 問題の背景

共通のオントロジーで記述されないと、海外市場では製品が使われません。
同じ国、同じ企業で使うアプリケーション間でも情報の齟齬が起こります。



知りたいのは、
高圧用変圧器、つまり
トランスの
電圧領域ですね？

トランスって、
トランスフォーマーのこと、
トランスミッターのこと？



IEC CDD とは何か？

- 製品オントロジーのオンライン・データベース
- 最初は電気分野だけであったが、ISO分野もこれに参加することになった。
- <https://cdd.iec.ch/cdd/iec61360/iec61360.nsf/TreeFrameset?OpenFrameSet>

CDDが国際標準化のスピードを一新

僅か5、6ヶ月で新しい仕様を国際規格化

IEC CDD Database procedure

1.Scope

2.Normative Reference
.... and,
IEC 61360-4 DB
IEC 62656-1

3.Terms & Vocabulary

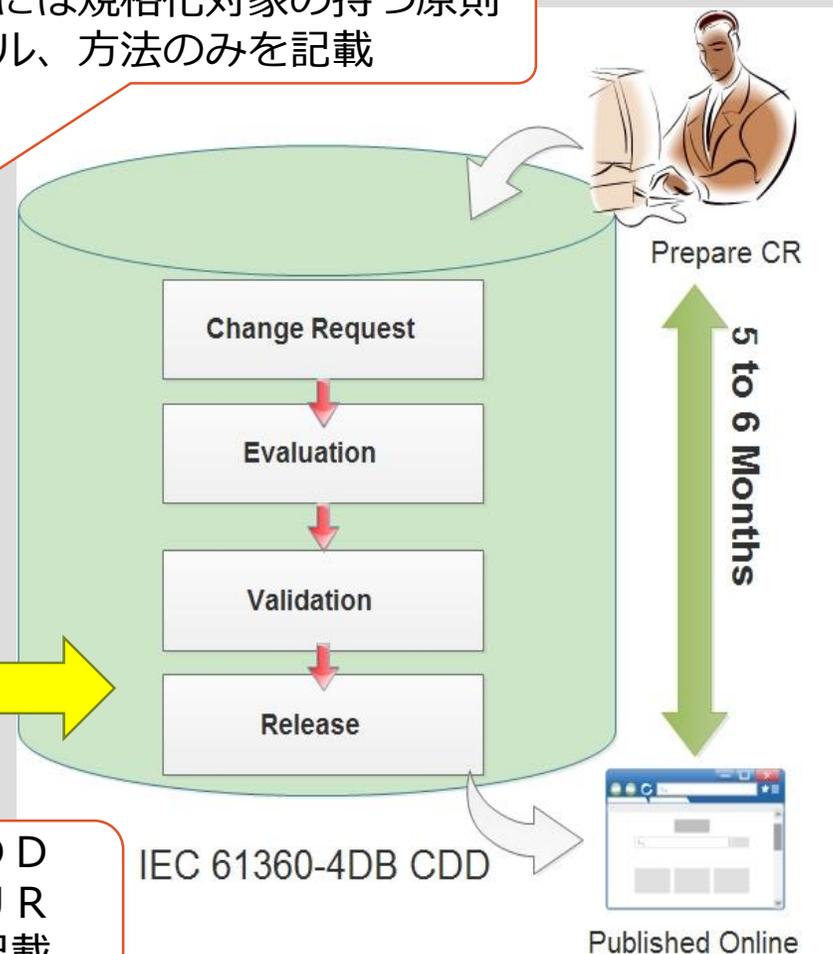
4, 5, 6 ... Body of the
Standard
Principles, Rules, and
methods

A1. Normative Annex
URL of IEC CDD

An. Informative Annex

規格書には規格化対象の持つ原則
やルール、方法のみを記載

詳細定義はCDD
に格納、そのURL
のみ紙面に記載



PARCELの概観

	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

PARCELMAKER™(1) は、PARCEL 規格の実装例

sample of IEC CDD(2010-08-04)rev2.xls [互換モード] - Microsoft Excel

Parcel Maker

メニューコマンド ユーザー設定のツールバー

L36 A set of ac-coupled amplifiers of which each amplifier can be described with

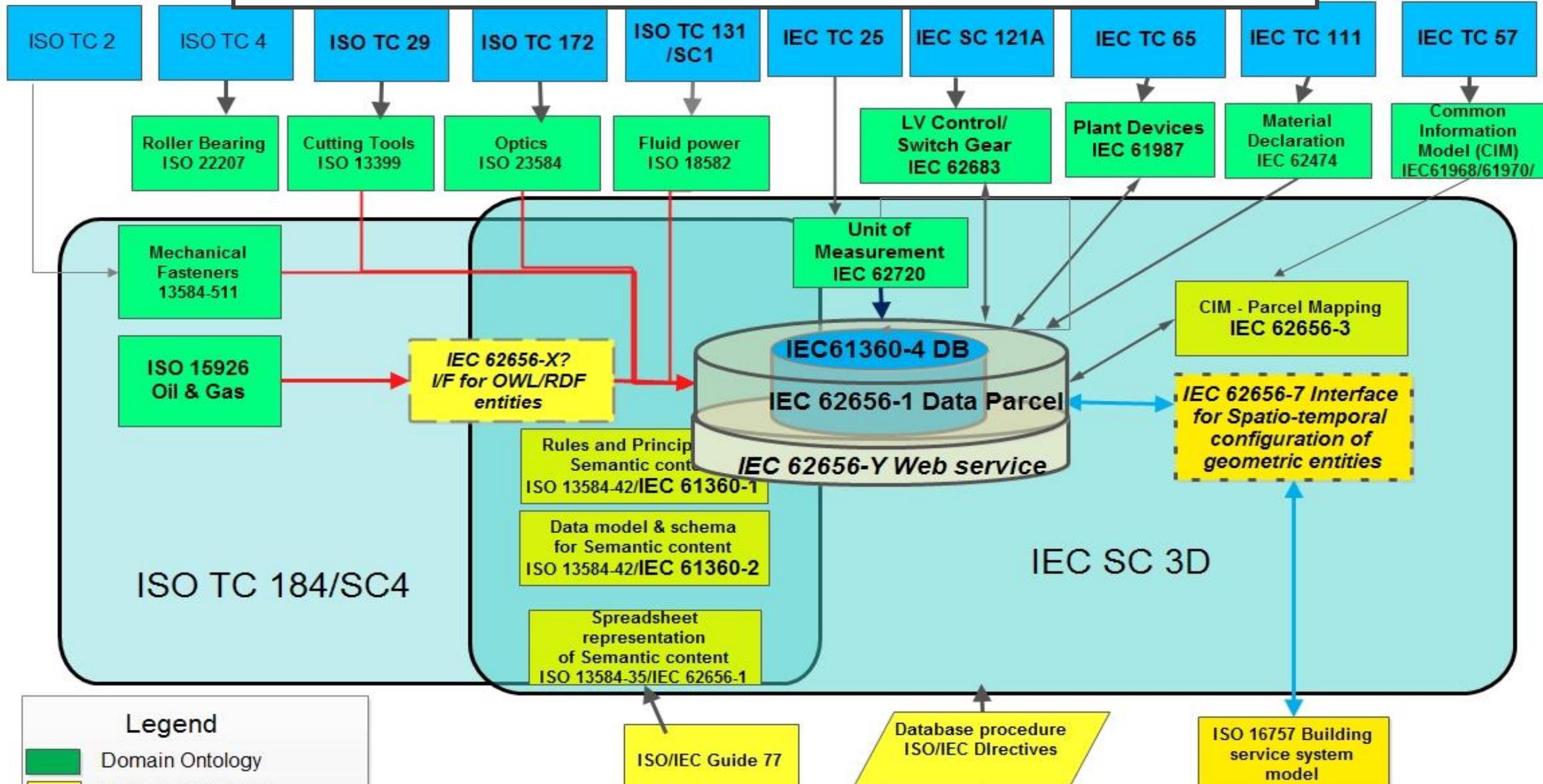
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	#CLASS_ID:=MDC_C002										
3	#CLASS_NAME.en:=										
6	#SOURCE_LANGUAGE:=en										
9	#DEFAULT_SUPPLIER:=0112/2///62656_1										
10	#DEFAULT_VERSION:=1										
12	#PROPER	MDC_P001	MDC_P002	MDC_P002	MDC_P003	MDC_P003	MDC_P003	MDC_P004	MDC_P004	MDC_P004	MDC_P004
14	#PROPER	Code	Version num	Revision num	Date of origin	Date of curre	Date of curre	Preferred na	Synonymous	Short name	Name icon
15	#DEFINITION	globally unique	version of an	revision of the	date when a	date when the	date of the la	name of an i	synonyms to	short name	(optional icon
16	#NOTE.en	The value m	The version	Revision sha	The value sh	The value sh	The value shall be in acco	The first element of the lis	The value s		
17	#DATATYPE	STRING_TY	STRING_TY	STRING_TY	STRING_TY	STRING_TY	STRING_TY	TRANSLATA	SET(0,?) OF	TRANSLATA	STRING_TY
18	#UNIT										
22	#VALUE_F	M..255	M..10	M..3	M..10	M..10	M..10	M..255	M..255	M..30	M..120
24	#DEFAULT	0112/2///61360_4									
25	#DEFAULT	001									
26	#REQUIRE	KEY		MAND	MAND	MAND		MAND			
27		AAA000	001	01				IEC reference collection	IECREF		
28		AAA001	001	02	1997-01-01	1997-01-01		Components	{{component	CO	
29		AAA002##00	003	01	1997-01-01	1997-01-01		Electric/elect	{{(electric-ele	EE	
30		AAA003	001	02	1997-01-01	1997-01-01		Amplifiers	{{(amplifier,er	AMP	
31		AAA004	001	02	1997-01-01	1997-01-01		Low-frequen	{{(low frequer	LF	
32		AAA005	001	02	1997-01-01	1997-01-01		Power ampli	{{(power,en}}	PWA	
33		AAA006	001	02	1997-01-01	1997-01-01		Voltage amp	{{(voltage,en)	VTA	

IEC CDD_CLASS IEC CDD_PROPERTY IEC CDD_ENUM IEC CDD...

コマンド

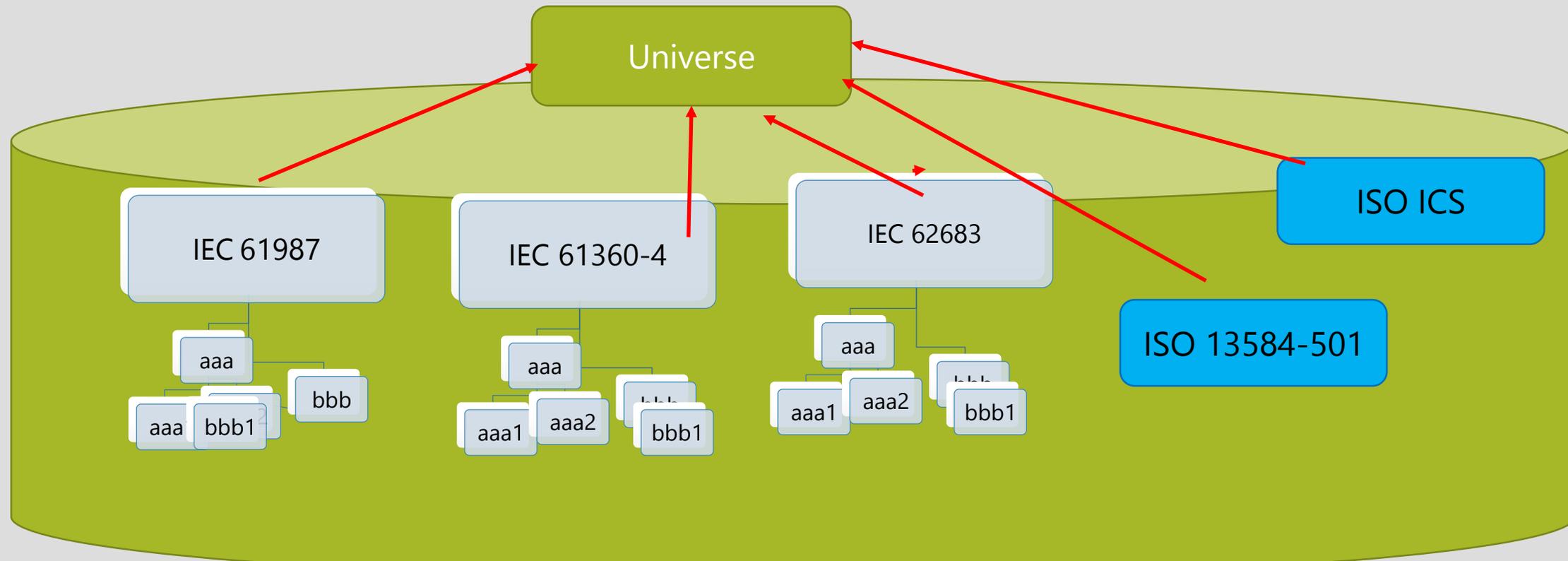
85%

IEC CDD から ISO/IEC 共通オントロジーサーバへ



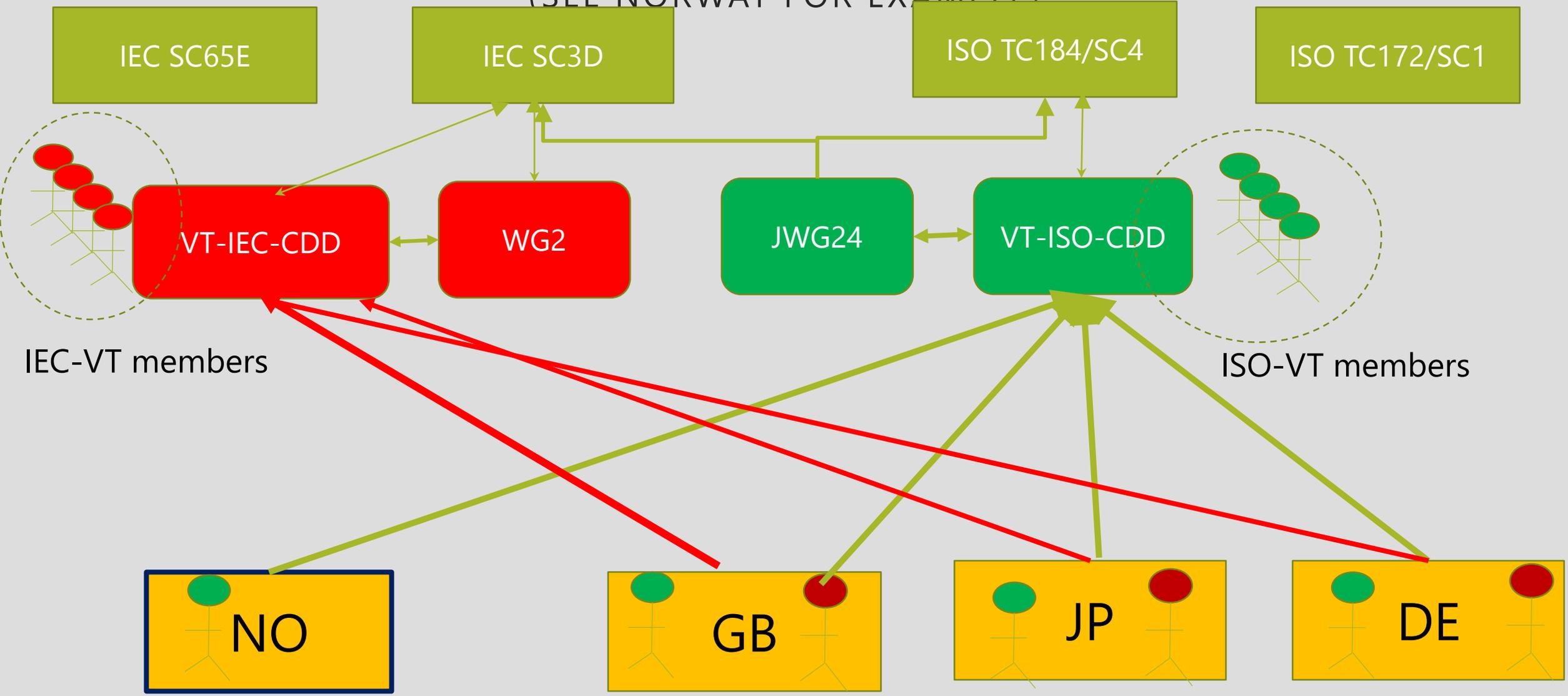
ISO USE OF CDD

IEC 61360-4DB as Container



WITHOUT VT-ISO, SOME P-MEMBERS OF ISO TC184/SC4 CANNOT PARTICIPATE IN EVALUATION OF CR NOR EXECUTE VOTES THROUGH VT-IEC ON CRS TO CDD

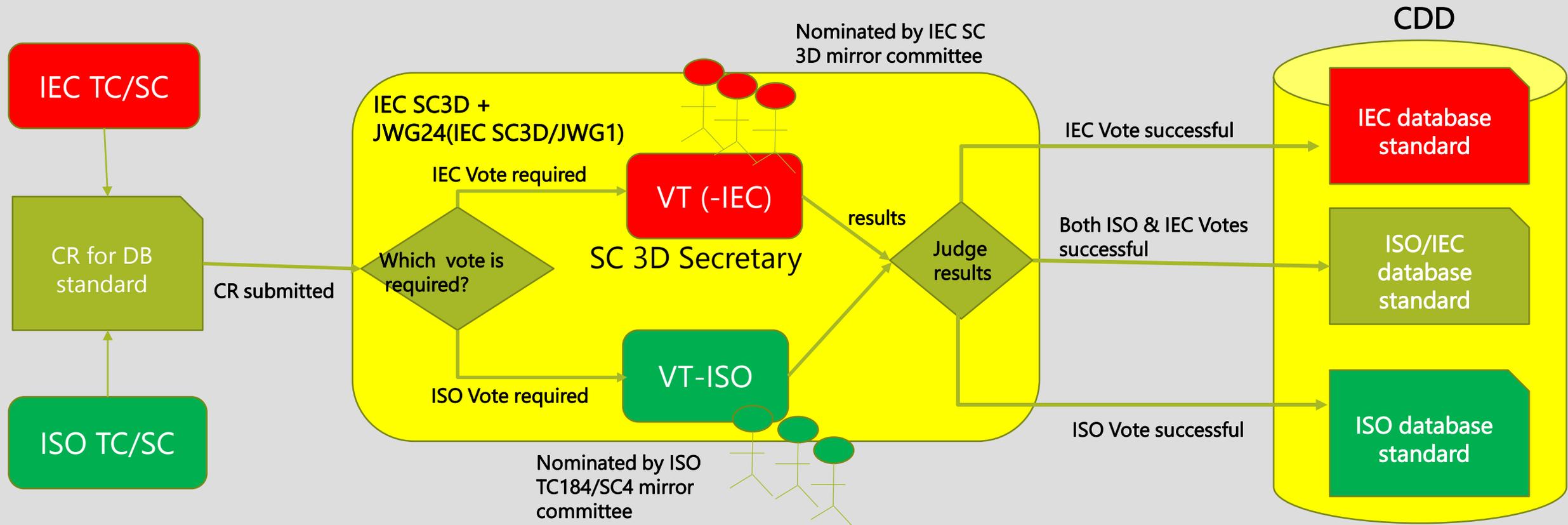
(SEE NORWAY FOR EXAMPLE)



Norway is not a P member of IEC SC 3D

ISO/IECデータベース規格にする場合は、チェンジリクエスト（CR）を異なるメンバーからなるVTが審査する(VT-IEC-CDD 及び VT-ISO-CDD).

- The physical persons nominated by a National Body of P-member country of ISO TC184/SC4 and IEC SC 3D could be identical, if the national mirror committees of both ISO TC184/SC4 and IEC SC3D choose to nominate the same person for their respective roles of VT-ISO and VT-IEC.
- But in general, managements in mirror committees of ISO TC 184/SC4 and IEC SC 3D are independent, thus different persons are assumed to be nominated from respective national mirror committees



オントロジーの開発では、果たして用語を統一して、定義の表現を揃えて、
同じIDを振れば良いのか？

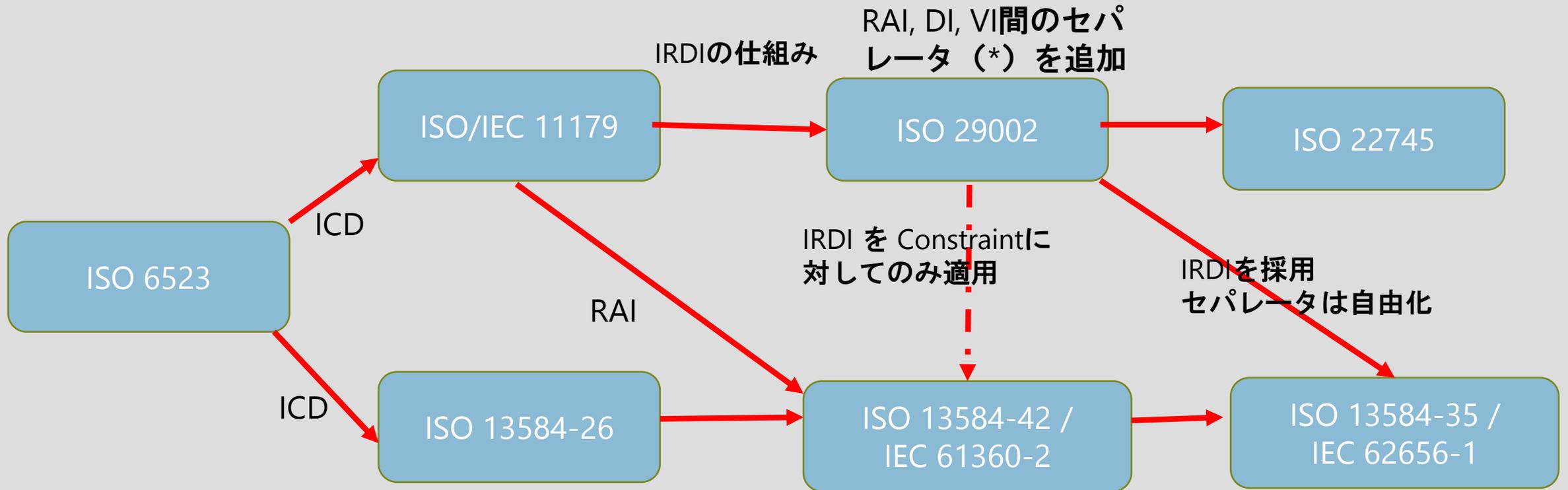
- 定格電圧 (コネクタ)
- 英語 : rated voltage
- コード : AAH012
- IRDI: 0112/2///61360_4#AAH012#002
- 定義 : nominal value of the rated voltage an EM(electro mechanical) component is designed for
- 電気機械の設計上の電圧
- 定格電圧 (キャパシター)
- 英語 : rated voltage
- コード ; AAE044
- IRDI:0112/2///61360_4#AAE044#001
- 定義 : maximum direct **voltage** which may be applied continuously to a capacitor at any operating ambient temperature below the **rated** temperature
- 定格温度以下の周囲温度で用いる場合にキャパシターに連続的に印加可能な最大電圧

用語が同じでも、定義が本質的に異なるのなら、定義の記述を明確化し、異なるIDを振らねばならない。
その際に、IDに意味を匂わせる文字があると危険である

CDDにおける識別子（ID）の変遷

- PLIB/CDDのデータモデル、即ち、IEC 61360-2/ISO 13584-42 では、元々BSU (Basic Semantic Unit)と呼ばれる識別子が使われていた。
- PLIB/CDDのデータモデルは今でもBSUを用いて記述されている。
- 但しIEC 61360-2/ISO 13584-42には、値に部分的に制約を掛けるConstraint(制約)のIDに対するIDとして、IRDIDがBSUとは別に導入されている。
- IRDIDはISO 29002 ではなく、ISO/IEC 11179が定めたものである。
- ISO 11179及びPLIB/CDDは、ISO 6523-2を参照している。
- BSUもISO/IEC 11179を参照するが、RAI (Registration Authority Identifier)、DI(Data Identifier)、VI (Version Identifier) という名称は用いていない。RAIをSupplier codeとして表記している。
- IEC 61360-2/ISO 13584-42のIDの仕組みと使用法は、ISO 13584-26が定めている

CDDにおける識別子（ID）の変遷



ICD =0112 の使用およびコメント欄
に規格番号を記述することを規定

ID(識別子)の分類と思想背景 (1/2)

1. グローバルなユニークネス

- グローバルなユニークネスが保証されたID
- グローバルなユニークネスが保証されていないID

2. IDを構成する文字のセマンティクス (含意／無意味)

- 文字に意味を含ませたもの

例：Motor001, MTR001

- 文字に意味を含ませないもの

- 例：CDDの用いるData Identifier (AAH012、AAE044...)

- 例：UUID (128桁の乱数により発生する文字列)

- 具体例： 123e4567-e89b-12d3-a456-426614174000

ID(識別子)の分類と思想背景 (2/2)

3. 人が読み上げ可能か否か (human-speakable ID) ?

- 電話を介し音声だけで確認できることが望ましいビジネス分野もある
 - 具体例： 長い桁の乱数を用いたもの、英数字以外は読み上げが難しい

4. 他の様々なIDの体系と同じトランザクション単位中で混在して使えるか？

- 限られた業務の中だけでなく、他の分野の業務の中でそのIDを参照する必要があるのなら、そのIDの体型そのものがグローバルにユニークな体系の中に位置付けられ、同定可能であることが重要
- ISO 6523-2 International Code Designator(ICD)を用いたグローバルな体系の中にIDの仕組みそのものが位置づけられていることが望ましい

5. インターネット・レディ (Internet-ready) であるか？

- ウェブ上で、他のドキュメントからそのIDを直接参照することが可能か？
- IRI(Internet Resource Identifier, RFC 3987)としての表記を用意しておくべき

CDDに用いるIRDIの例

CDD 内部の文字列表現

0112/2///61360_4#AAA001#004 – component (for component)

これをIRI (URI) に1 : 1に対応させると;

(<http://xxxx/...>) 0112-2---61360_4#AAA001#004
“#” 全てのセパレータ sep1, sep2, sep3 に用いた場合

0112-2---61360_4#AAA001##004### component
セパレータ毎に“#”の数を変えた場合(sep1="#", sep2 = "##", sep3 = "###")

Where ICD OI := 0112 はISOまたはIEC standards by ICD (ISO/iEC 6523)
ICD/OP := 0112/2 は IEC 規格. If 0112/1 はISO 規格

0112/2/// 61360_4 = 0112/2/(null OPI)/(null OPIS)/(IEC)61360_4

オントロジーの基本

1. オントロジーとは、元々は古代ギリシャ哲学においてアリストテレスを始祖とし、我々が立つ世界の事象を概念として言葉で定義し、それを特徴づける属性とそれら相互の関係を明示して、その情報を体系化して共有するための理論と方法である。
2. これを今日、情報工学で論じる場合には、少なくとも一産業分野、例えばプラントエンジニアリング分野のすべての主要な事物の概念をファイルないしデータベースに収めたものを指し、その情報モデルと共に、どのような計算機用形式言語および自然言語で事象を記述するかと言うことが問題になる。
3. 学術分野では、述語論理に基づき、W3Cの開発したRDF/OWLという言語を用いたオントロジー記述が脚光を浴びるが、その実際の産業応用はまだ乏しい。
4. 国際標準の世界では、ISO TC184 /SC 4産業データ技術分科会において、PLIB/CDD¹⁾, RDL²⁾, OTD³⁾という3つの基本的なオントロジーの方法論がISO TC184 /SC 4産業データ技術分科会で誕生した。それらは実は1990年代初期に一つの源流から枝分かれしたものである。
5. 一方、学術分野から標準化の世界にBFO (Basic Formal Ontology) が乗り込み、ISO /IEC JTC2/SC32において ISO/IEC 21863-2 Top-level ontologies (TLO) — Part 2: Basic Formal Ontology (BFO) として標準化されている。

オントロジーとは

- OED(オクスフォード英語辞典):

- The branch of metaphysics dealing with the nature of being

- (存在の性質を扱う形而上学の一分野)

- A set of concepts and categories in a subject area or domain that shows their properties and the relations between them

- (対象とする領域または分野の属性と関係を示す、概念とカテゴリーの集合)

- Gruber:

- POM(Parcellized Ontology Model):

- concepts, each of which represented as a class, their properties, and the relations among them

- その個々がクラスとして表現された概念と、それらの属性と、それらの間の関係

その他の著名な定義

- Tom Gruberは、1993年にオントロジーを“explicit specification of a conceptualization” している
- W.Borst は、1997年にその博士論文において、オントロジーを “formal specification of a shared conceptualization” と定義した。
- 1998年に R.Studerらは、オントロジーを
- “An ontology is a formal, explicit specification of a shared conceptualization” と定義した

今脚光を浴びるオントロジーとは如何なる技術か？

1. ある集団で共有される様々な事象に関する知識とその間の関係のデータベース
 1. 比較的大きな集団：例) 業界、政府、国民、国際産業同盟、軍事同盟, etc.
 2. 'もの'とその状態の記録、経過と変遷を記録し、施策決定の基礎とする
 3. 概念の呼称となる用語の定義と意味とそのコンテキストを明確化する
2. 共有化のために各事象毎に重要な情報項目が集団内で標準化されていることが要件
 1. 換言すれば、対象とする集団の内部グループ間で全体共有すべき知識と極く一部で秘匿すべき知識が明確に分けられていること
 2. ある役割における決定に必要な情報が選別されていること
 3. 標準は作ることより維持管理が難しい。その効率的な更新の仕組みが必要
3. 情報を見るだけでなく、そのデータベース（DB）構造と情報を簡単にサーバーからアプリケーション間で交換し、追加増補可能なことが肝要
 1. オントロジーの維持更新はドメインの専門家が行えること
 2. 「辞書」と呼ぶカートリッジ式のスキーマでデータベースの情報項目を更新する
 3. 辞書は分野技術の専門家が記述する。辞書を随時追加し更新していく

アリストテレスのオントロジーとは？

- プラトン (Plato) が、世の事象を、完全なるものForm と壊れゆくものMatterの対比で考えていたのに対し、アリストテレス(Aristotle)は、個々の存在を永続的に存在する実体(Substance)とし、その抽象化されたもの (Universal) があり、一方で 個々の実体に具体的な事象 (Accident) が生起し、その抽象化されたものが、冠婚葬祭を初めとする事象の概念 (Universal) であるとした。これをアリストテレスの正方形と呼ぶ。
- 大事なことは、アリストテレスは個々の現実を最も重視していたことである。それに対して、プラトンは、完全なるFormが先験的に存在し、不完全な存在こそが物質であるとした。究極のFormは神であり、究極の物質は無であった。

	Substance	Accident
Universal	人間、日本人、のら猫 一般社団法人	株式会社、脱走、 技術セミナー
Individual	村山廣、飼猫の「花」 ENAA	SATS株式会社、8月31日猫脱走 10月29日の技術セミナー

アリストテレスのカテゴリー

- アリストテレスにとって事象の存在は、即ちオントロジーは、言葉（言語表現）を介して認識されるものであった。かれはそれを10に分類した。
- (1) substance; (2) quantity; (3) quality; (4) relatives; (5) somewhere; (6) sometime; (7) being in a position; (8) having; (9) acting; and (10) being acted upon
- Acting(activity)とは他の何かに働きかけている状態であり、逆にbeing acted upon(Passivity)とは何か行動を受けている状態である。

- 結局の所、BFOとは、このアリストテレスのカテゴリーの焼き直しに過ぎない。
- しかし、アリストテレスの認識の出発点は個体=individualであって、Universalではない。10のカテゴリーは認識の手段であって、個体に先立つものではない。

BFO : TOP LEVEL ONTOLOGY(1/3)

entity

continuant

independent continuant

site

object aggregate

object

fiat part of object

boundary of object

dependent continuant

realizable entity

function

role

disposition

quality

spatial region

volume

surface

line

point

- Occurrent
 - Temporal region
 - connected temporal region
 - temporal interval
 - temporal instant
 - scattered temporal region
 - Spatio-temporal region
 - connected spatio-temporal region
 - spatio-temporal interval
 - spatio-temporal instant
 - scattered spatio-temporal region

BFO : TOP LEVEL ONTOLOGY (3/3)

- Occurrent
 -
 - Processual entity
 - process
 - process aggregate
 - processual context
 - fiat part of process
 - boundary of process

言葉の意味関係で築くオントロジーと集合の属性で築くオントロジー

- 世の中の多くのオントロジーは、「もの」と「もの」とを述語関係で結び、その表現の意味を解釈してネットワークを築いている。
- オントロジーの最も基本の述語関係は、is-aとhas-aである。
- The *machine* is in the *factory*. ⇒ この機械は工場の中にある
- Any motor is a kind of machine. ⇒ モーターは全て機械の一種である。
- Any machine has a service life. ⇒ 機械には全て耐用期間（寿命）がある。
- Any motor has a service life. ⇒ モーターは全て寿命がある

結局、オントロジーとは？

- もし機械が人間の代わりに思考し世界の事物を認識するとしたら、全ての概念を、何を根源的要素として構築し、如何に認識するかを考えよう！
- 機械が自然言語を基礎として、事象を理解する必要があるだろうか？
- 果たして、オントロジーは言葉に基づく知性か？
一人語を介さない他の動物は、オントロジーを認知していないのか？

種類および全体と部分の関係は動物も認識している

言葉を介さない動物でも、全体部分の関係を明らかに認識している

- 小鳥は木から赤い実だけをつまむ
- 猿はバナナの皮をむき、その柔らかい実だけを食べる.
- ある種のタコは、ココナッツの半分に割った殻を2つ合わせて中に身を隠す
- <https://www.youtube.com/watch?v=Y2EboVOcikI>



パーセルにおけるクラスとプロパティとリレーション（関係）

- パーセルモデルにおける概念とは数学のクラスの定義そのもの.

$$C \equiv \{x \mid P_1(x_1) \wedge P_2(x_2) \wedge \dots \wedge P_n(x_n)\}$$

- プロパティとはクラス的一种であって、他のクラスを細分してサブクラスを作るために使われるもの
- 関係もクラスであって、複数のクラスを要素にとるもの.
- 関数は関係であって、ドメインとコドメインを持つもの
- 実際のところプロパティは関数的一种であって、その値をあらメータとして持つ場合に真（1）を返すもの

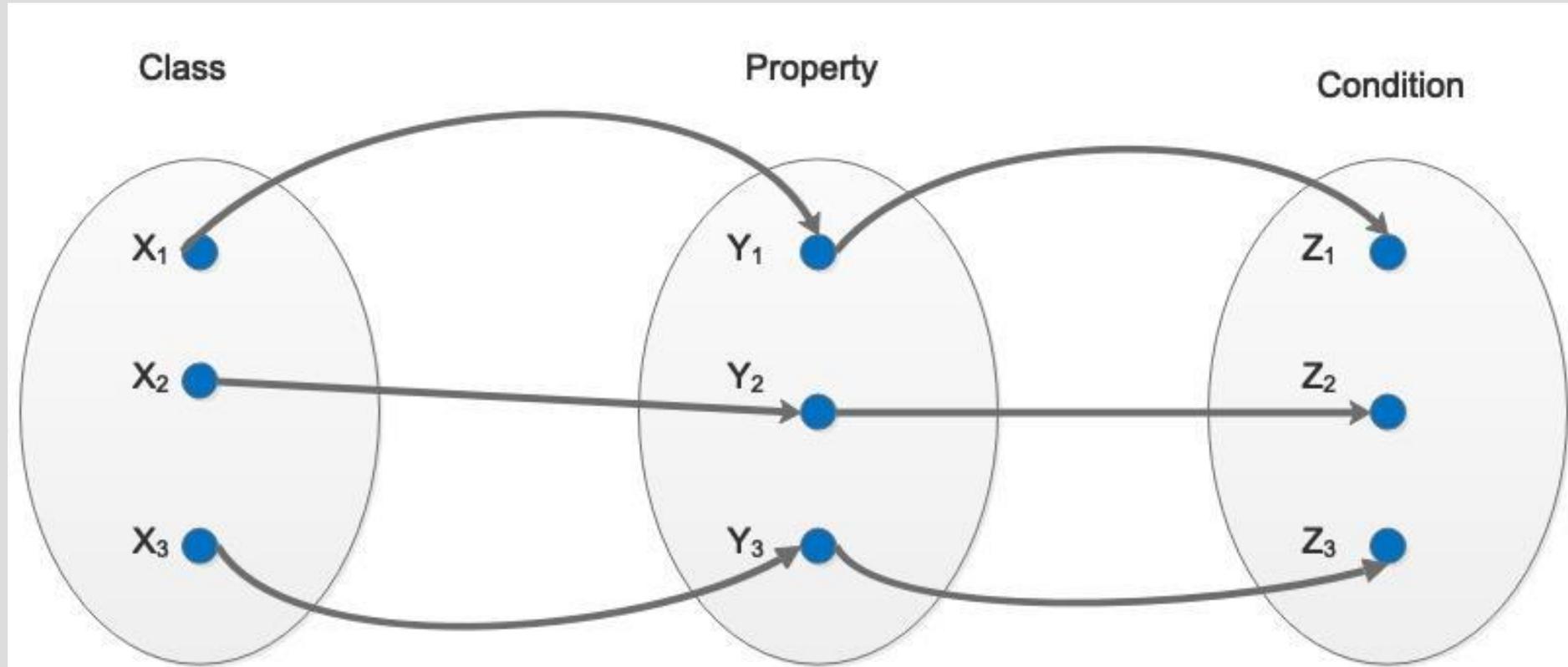
CONCEPT OF CLASS IN CDD/POM

Class $C \equiv \{ \mathbf{x} \mid P_1(x_1) \wedge P_2(x_2) \wedge \dots \wedge P_n(x_n) \}$

- Where P_1, P_2, \dots, P_n are property function which returns true, if x_i satisfies the property(i.e., finds some value).
- Or, to be more precise, $x \in A, y \in B$

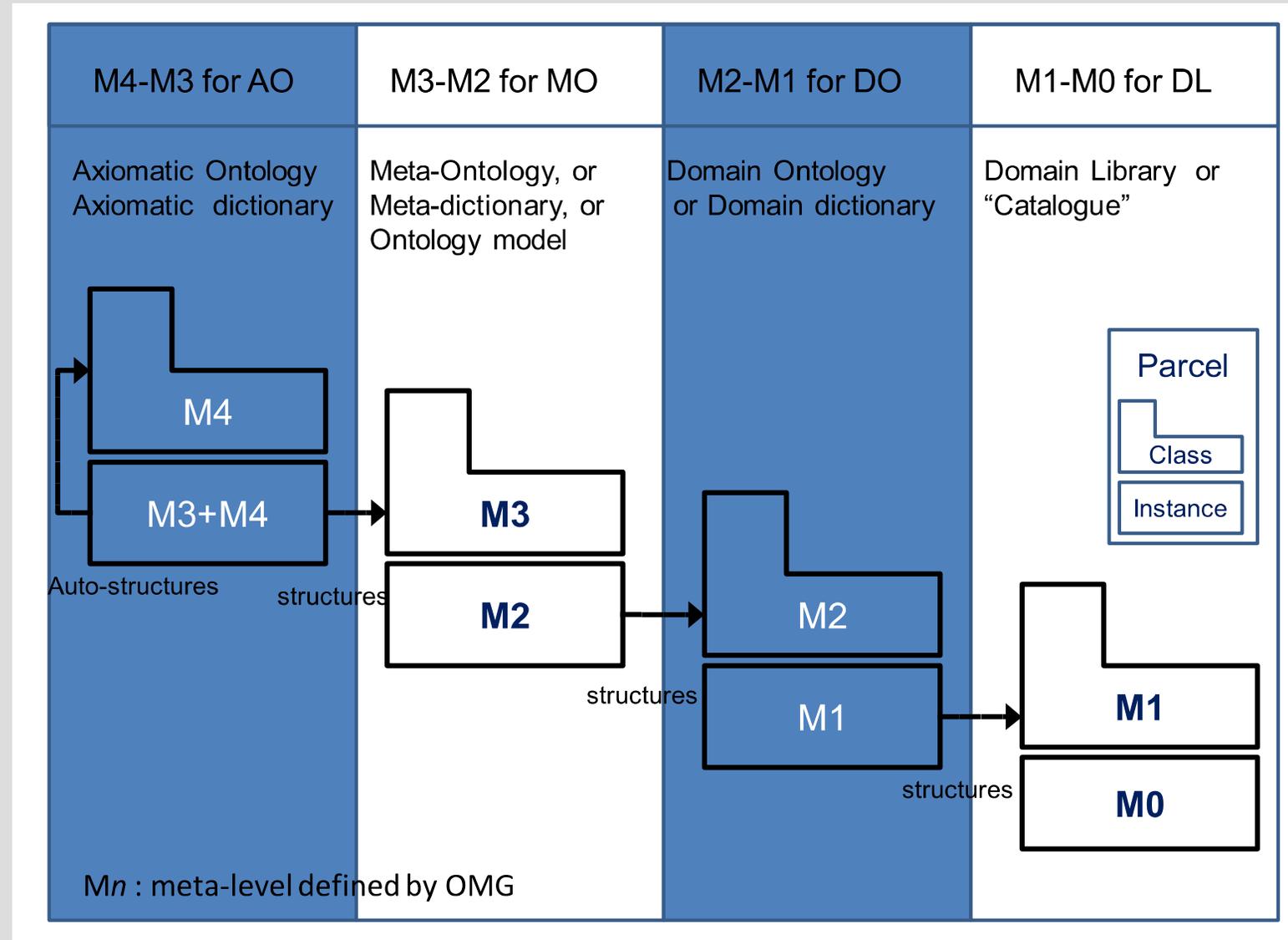
$$C(x, y) = \{ (\mathbf{x}, \mathbf{y}) \mid \bigwedge_i^n P_i(x_i, y_i), \exists \mathbf{x} \in A, \exists \mathbf{y} \in B \}$$

CONCEPT OF CLASS AND PROPERTY IN CDD/POM

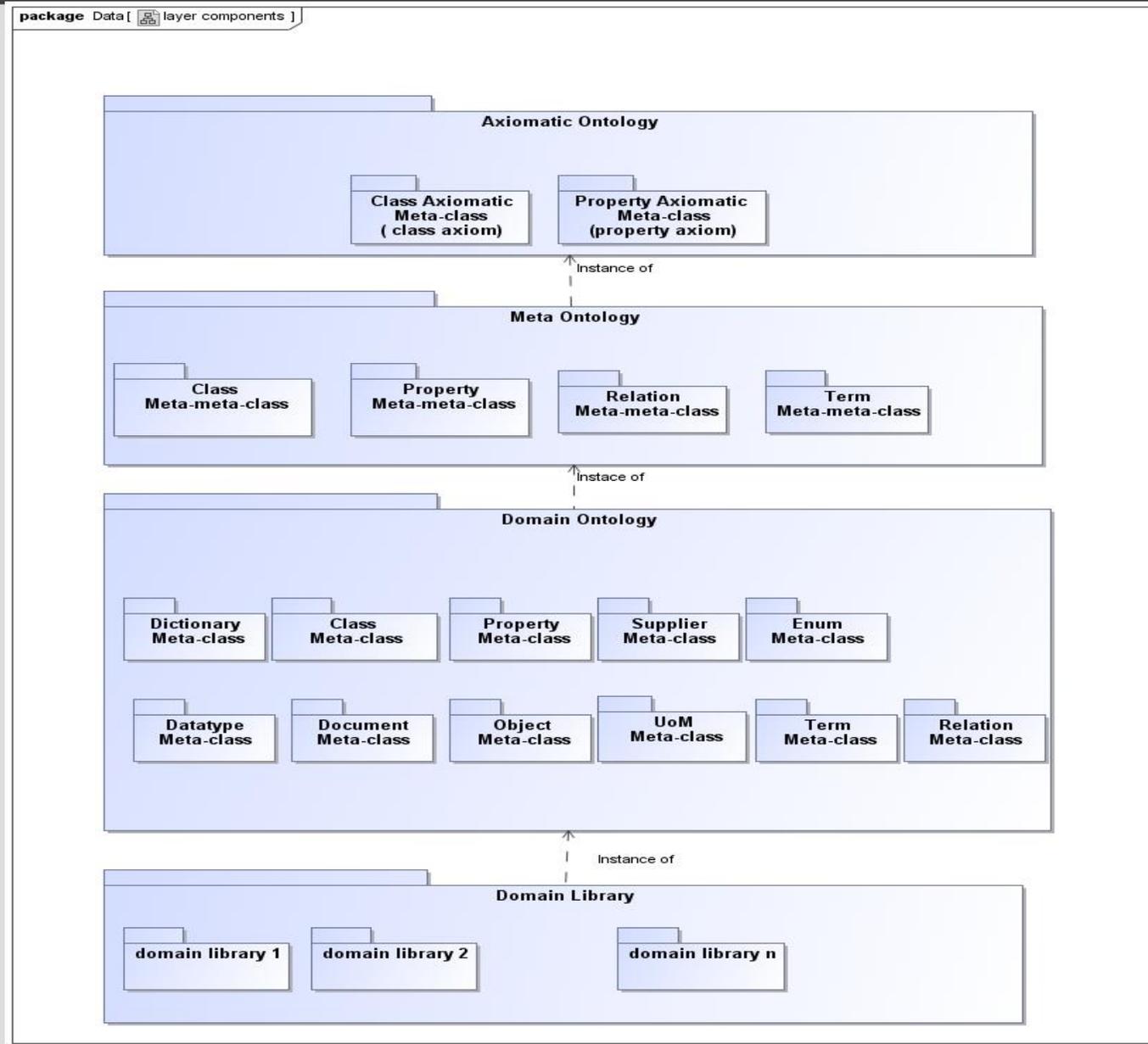


Condition(or parameter of the property) here is a value of the property in usual sense. When there is an appropriate value for the property, the property function $P_i(x_i, y_i)$ returns true.

POM (PARCELLIZED ONTOLOGY MODEL) の4層構造



4-LAYER ONTOLOGY DATA MODEL



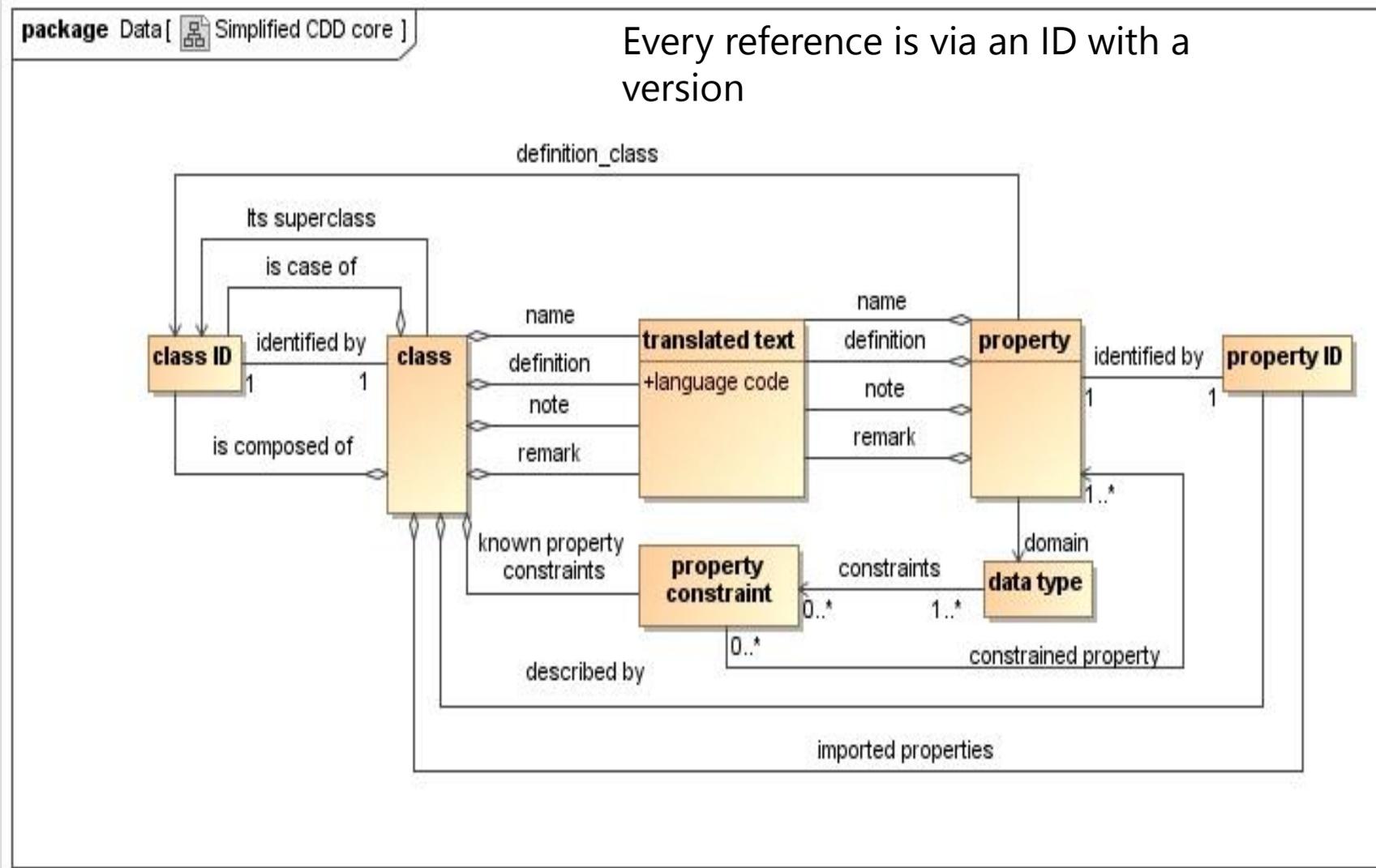
Axiomatic Ontology(AO)

Meta Ontology(MO)

Domain Ontology (DO)

Domain Library (DL)

REFERENCE MECHANISM IN IEC61360(PLIB) & IEC62656(POM)



*1 In PLIB & POM, "is composed of" is currently realized with a set of "class reference type" properties

新しい挑戦；確率論的オントロジー

では、プロパティ関数が値を持つときに、真=1ではなく、0~1.0の間の値を取るとしたらどうなるか？

概念をクラスとみる数値モデルは、全ての論理式は、Conjunctive Normal Form（論理積の結合）

に書き換えられるという原則に基づいている。全て論理式は同様に Disjunctive Normal Form（論理和の結合）に書き換えることもできる。

確率論的オントロジーは、機械学習とオントロジーをつなぐものとなる。因みに、AppleのSiriの開発者は、Tom Gruber である

CDDとその国内版とその応用

「標準」(De Jure) オントロジーサービス

符号規約



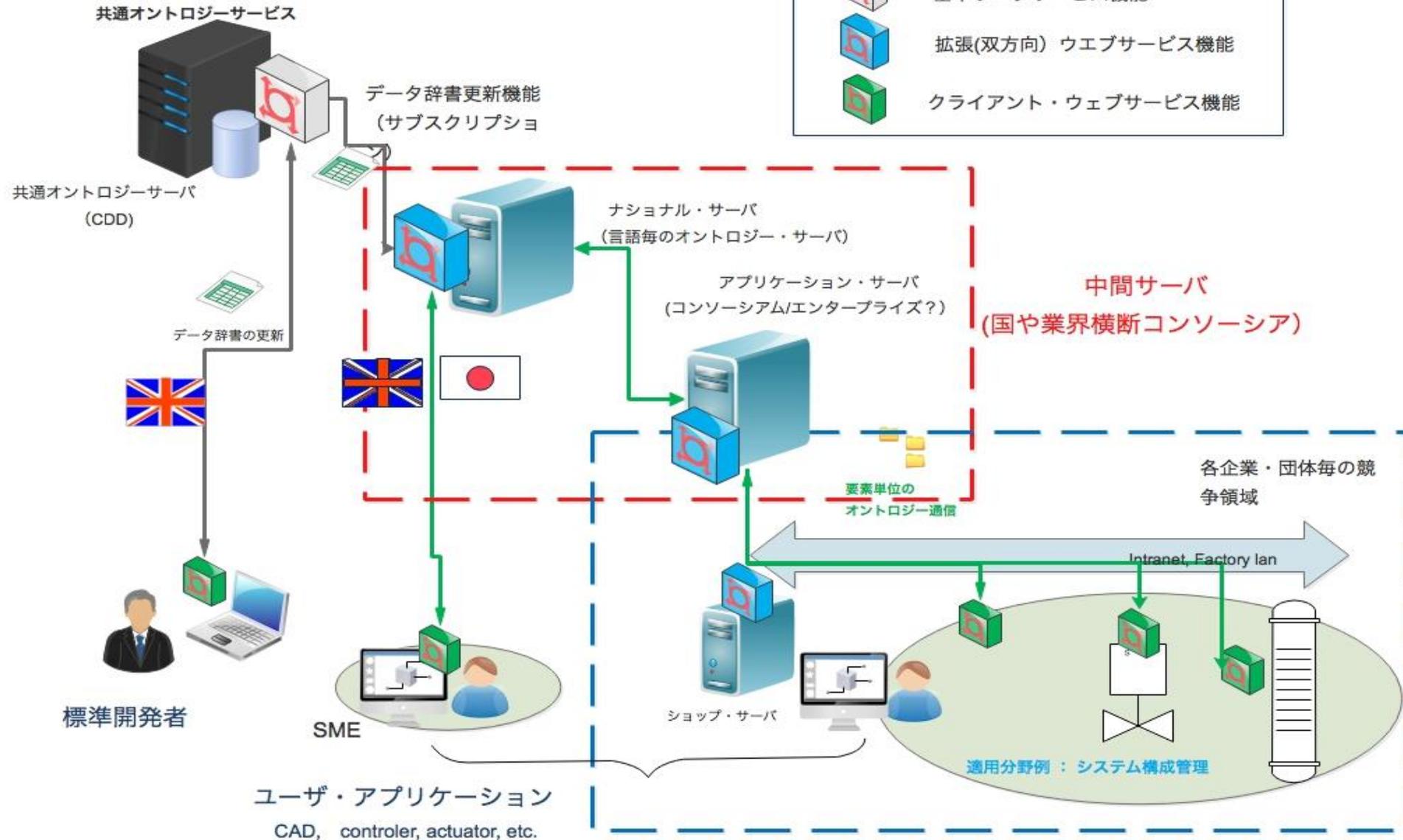
基本ウェブサービス機能



拡張(双方向) ウェブサービス機能

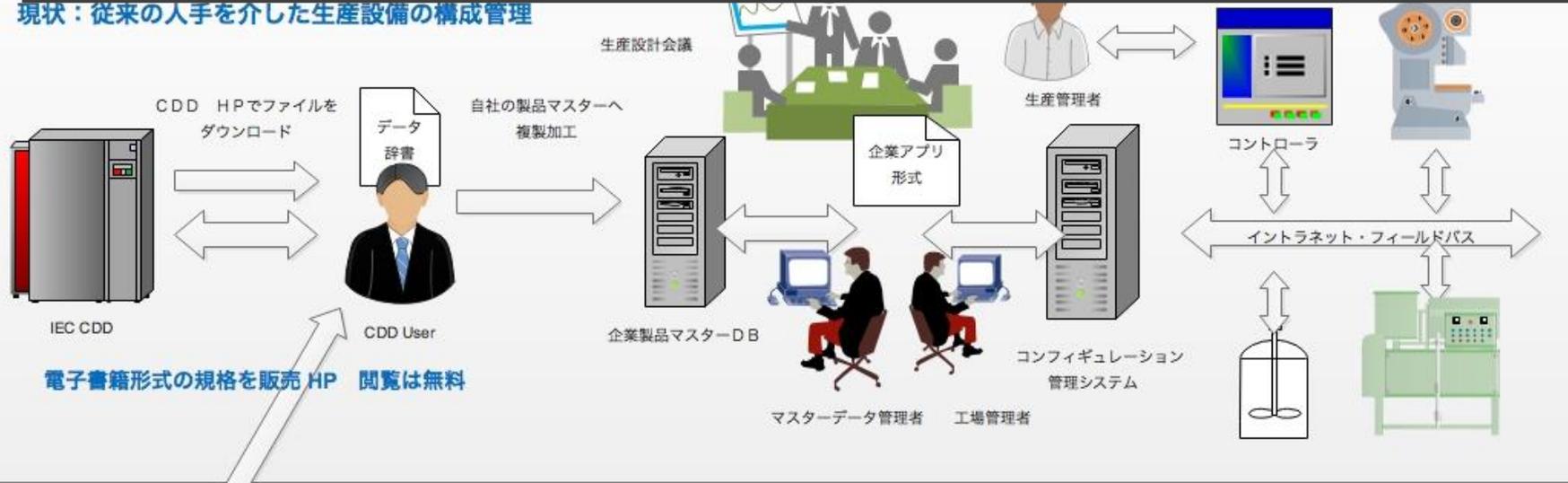


クライアント・ウェブサービス機能



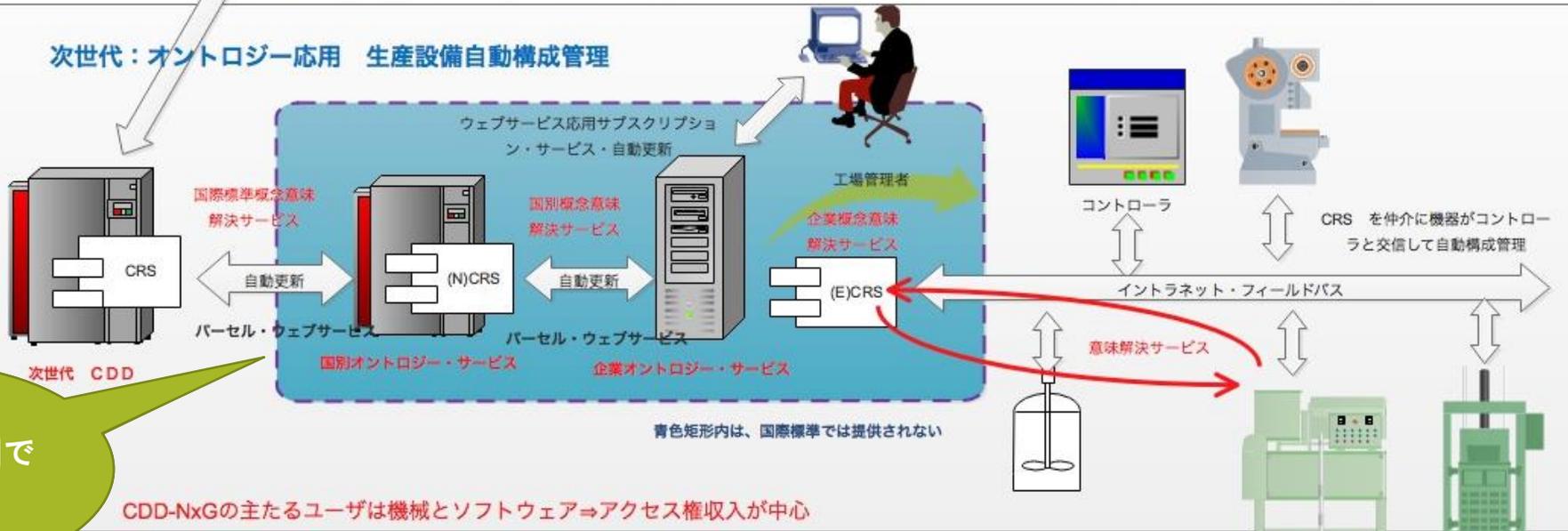
今後のCDDの展開と日本の戦略

現状：従来の人手を介した生産設備の構成管理



例え国際標準サーバに意味解決機能が用意されても、下図の青色矩形部が欠如すれば、ファイルベースのオントロジーしか利用できない！

次世代：オントロジー応用 生産設備自動構成管理



それぞれの国で異なる

CRS: Concept Resolution Service 概念意味解決サービス

もう一度基本に帰ろう！

- 実は海外で進む、PR-OWLの研究の元になっているのは、1990年代の日本の第5世代コンピュータ・プロジェクト（Prolog）における確率論的推論の論文である。(T.Sato & Y.Kameya, Parameter Learning of Logic Programs for Symbolic-statistical Modeling)
- 我々は、専ら海外に師を求め、海外は日本から学んでいるのではないか？
- 「西洋人も人なり、佐賀人も人なり、薩摩人も人なり、退屈せず(くじけず)研究すべし」

島津斉彬（1809～1858）の言葉

SOME USEFUL REFERENCES:

- CDD

<https://cdd.iec.ch/cdd/iec61360/iec61360.nsf/TreeFrameset?OpenFrameSet>

- ISO 6523 & ICD

https://en.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC_6523

IRDI

<https://www.iso.org/standard/50773.html>

ISO/IEC 11179

https://en.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC_11179

文献

- http://ceur-ws.org/Vol-1517/JOWO-15_FOfAI_paper_4.pdf
- “Parameter Learning of Logic Programs for Symbolic-statistical Modeling”,
T, Sato, Y.Kameya, Journal of Artificial Intelligence Research 15 (2001) 391-454