

第4次産業革命・DX・Society5.0と21世紀の経営工学

～スマートマニュファクチャリングを取り巻く
経営・システム・エンジニアリング～

2022年9月9日

ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会

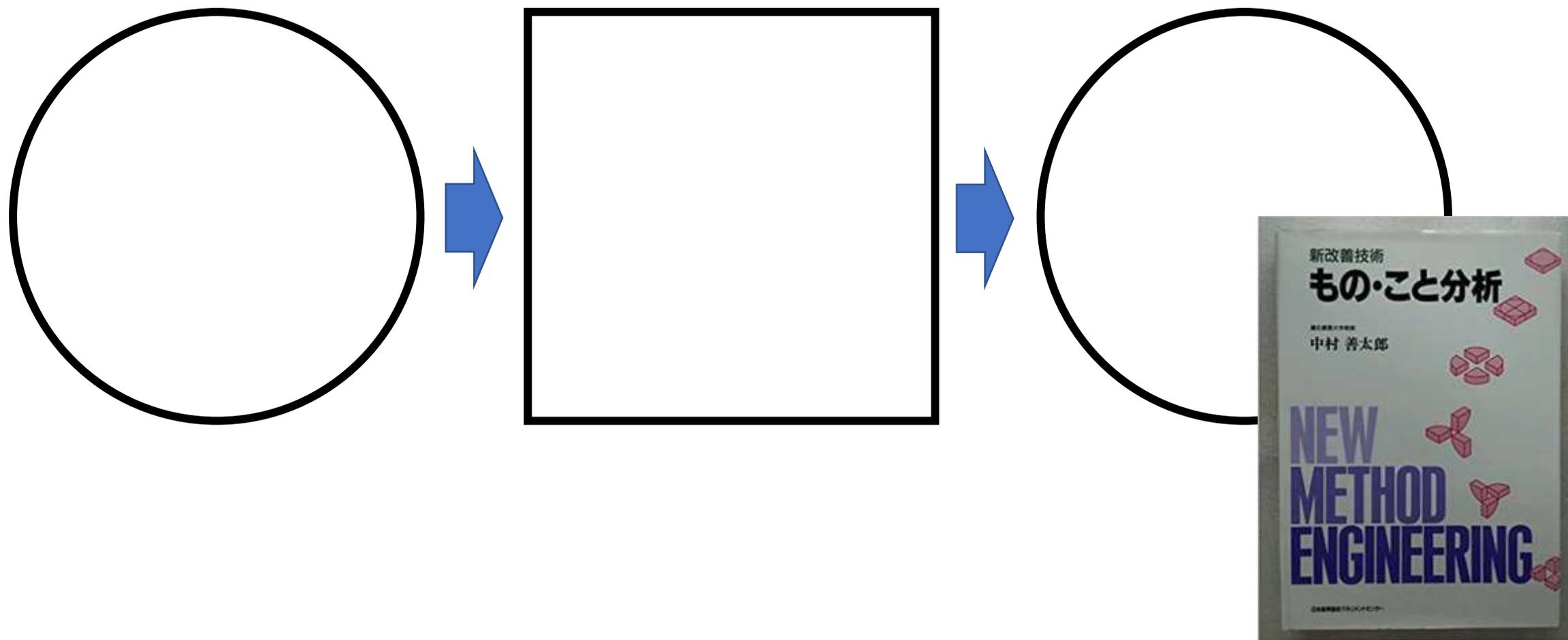
産業IoT アドバイザー

水上 潔

1. イントロダクション
2. 国際動向から
3. RRIでの考察
4. 経営工学への期待

イントロダクション

Analysis vs Synthesis



<記述方法>

静的・動的、状態・機能、目的・制約・環境
 As is・To be、スコープ、ステークホルダー ……

メタ (抽象↔具象)

安倍首相・内閣府制定のロボット新戦略に基づき、2015年5月にRRIが発足
<https://www.jmfrri.gr.jp> rriで検索



第4次産業革命・DX・
Society5.0への対応として
「IoTによる**製造ビジネス変革**」

及び

ロボット変革

を推進

- 2016年3月28日、経済産業省と経済エネルギー省の間で「日独IoT／インダストリー4.0協力に係る共同声明」を締結。同4日の日独首脳会談で本声明の締結を歓迎。

日独政府間「共同声明」のポイント

- 経済産業省とドイツ経済エネルギー省の間で、IoT/インダストリー4.0協力に関する局長級対話を毎年実施。
- IoT/インダストリー4.0に関心がある民間団体等の参加を得て、具体的に下記項目等で連携（詳細次ページ）

- ① 産業サイバーセキュリティ
- ② 国際標準化
- ③ 規制改革
- ④ 中小企業
- ⑤ 人材育成
- ⑥ 研究開発



上田経済産業審議官
マハニック経済エネルギー省事務次官

プラットフォーム間、研究機関間でも協力推進

- 民間のプラットフォーム協力  
 - ✓ **ロボット革命イニシアティブ協議会とプラットフォームインダストリー4.0の間で連携強化**に係る文書を4月28日に締結。
- 研究開発協力  
 - ✓ 産業技術総合研究所とドイツ人工知能研究所（DFKI）との間で研究協力のLoIを締結済み。
 - ✓ 今後具体的な協力に向けて連携強化の調整を実施中。

日独首脳会談 共同記者会見（平成28年5月4日） 安倍総理冒頭ご発言

「日独は科学技術とイノベーションで世界をリードしています。**先週、経済産業省と経済エネルギー省の間でIoTとインダストリー4.0に関する共同声明が発表されたことを歓迎**したいと思います。**今後も日独で緊密に協力して、「第四次産業革命」を実現させたい**と思います」



安倍総理とメルケル首相

国際動向から

自分に課したミッション：

**第4次産業革命（DX・Society5.0）で、製造業
をどう（why・what・how）変えるのか**

Planetary Boundary

ドイツの目標（覚悟）

- **2050年には、2018年比で天然資源の利用を50%に減らす**
- **天然資源の利用を半減させても、持続的な**経済発展**を実現する**

←日本は？

これは、誰の命題ですか？

GAIA-X

IDS / IDSA

Catena-X

Asset Administration Shell

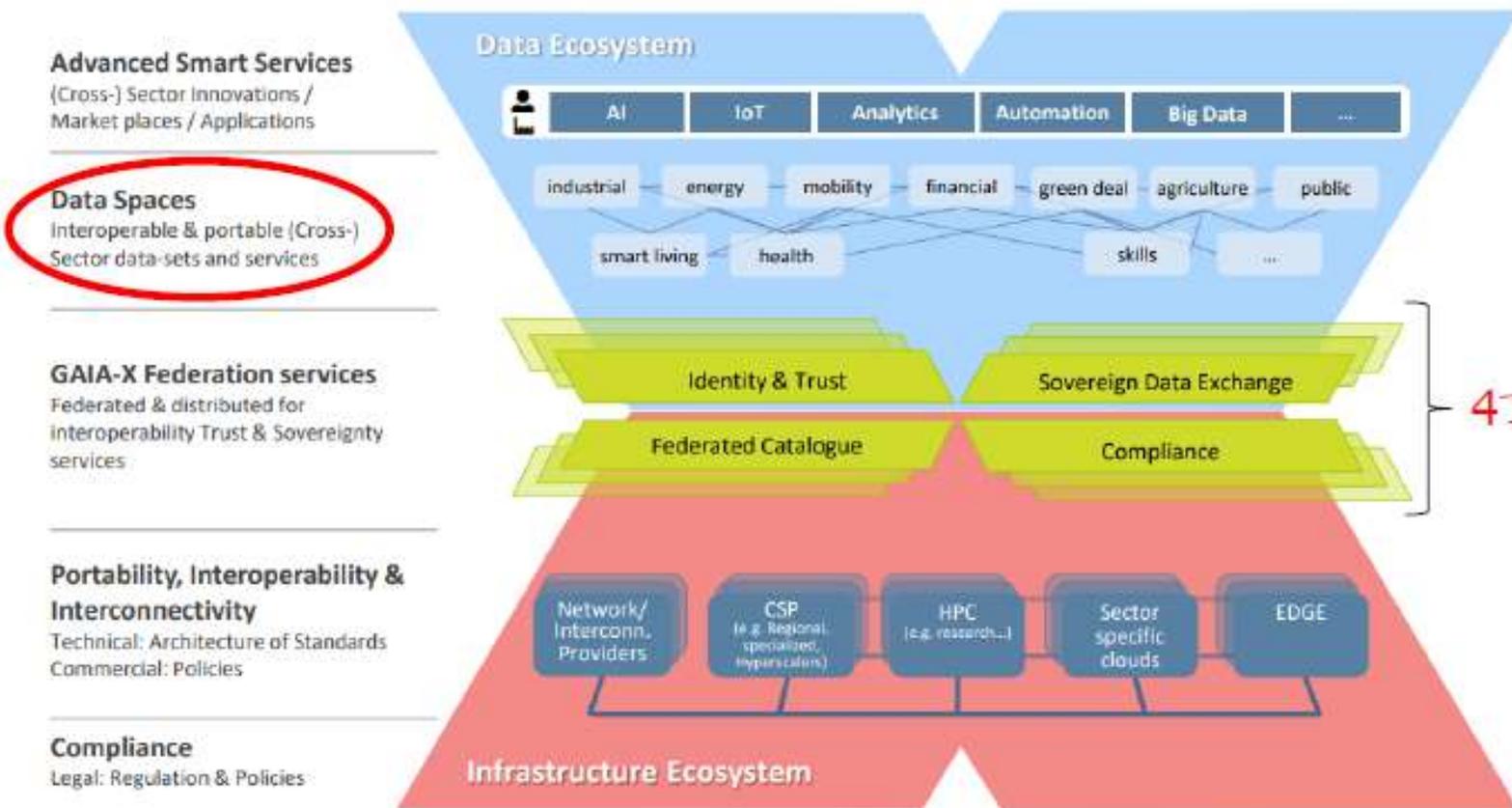


Gaia-Xを使用すると、国際レベルのビジネス、科学、政治の代表者が次世代のデータインフラストラクチャの提案を作成します。これは、データとサービスを利用可能にし、照合し、共有できる**信頼の環境**で、**オープンで透過的で安全なデジタルエコシステム**です。Gaia-X は、ヨーロッパおよびそれ以降のためにヨーロッパによって開始されたプロジェクトです。ヨーロッパや世界中のビジネス、政治、科学の代表者が手を取り合って協力し、フェデレーションされた安全なデータ インフラストラクチャを構築しています。企業と市民はデータを照合して共有し、データを管理できるようになります。データをどこに保管するかを決定し、常に**データ主権**を保持する必要があります。

Gaia-X のアーキテクチャは、分散化の原則に基づいています。Gaia-X は、すべてが共通の標準である Gaia-X 標準に従う多数の個々のプラットフォームの結果です。私たちは共に、オープン性、透明性、信頼の価値に基づいたデータ インフラストラクチャを開発しています。したがって、出現するのはクラウドではなく、**多くのクラウド サービス プロバイダーを結び付けるネットワーク システム**です。

[GAIA-X - Home \(data-infrastructure.eu\)](https://data-infrastructure.eu)

The Gaia-X ecosystem of services and data



- 欧州における産業データエコシステム
- **分散された**データスペース
- 自動車業界 Catena-X が代表格
- ドイツを中心にデータスペース実証実験進む
- 2022年5月に Federated Serviceリリース
- <https://www.gaia-x.eu/>

GAIA-X Lighthouse Projects

自動車



<https://catena-x.net/en/>
Automotive Supply Chain,
Lead: Germany



農業

<https://agdatahub.eu/en/>
Agriculture
Lead: France



生産

<https://eupro-gigant.com/en/>
Manufacturing, Industry 4.0
Lead: Austria



サプライヤーネットワーク

<https://smart-connected.nl/en/>
Electronics Supply Chain
Lead: Netherlands



モビリティ

<https://mobility-dataspace.eu/Mobility>
Lead: Germany



Structura-X

クラウドインフラ

<https://www.gaia-x.eu/news/structura-x-lighthouse-project-european-cloud-infrastructure-launched-concrete-implementation>
Provider
Lead: Germany



CATENA-X

人間本位の産業を目指して

“Connected Industries”

New vision for the future of Japanese industries

6/1/2021

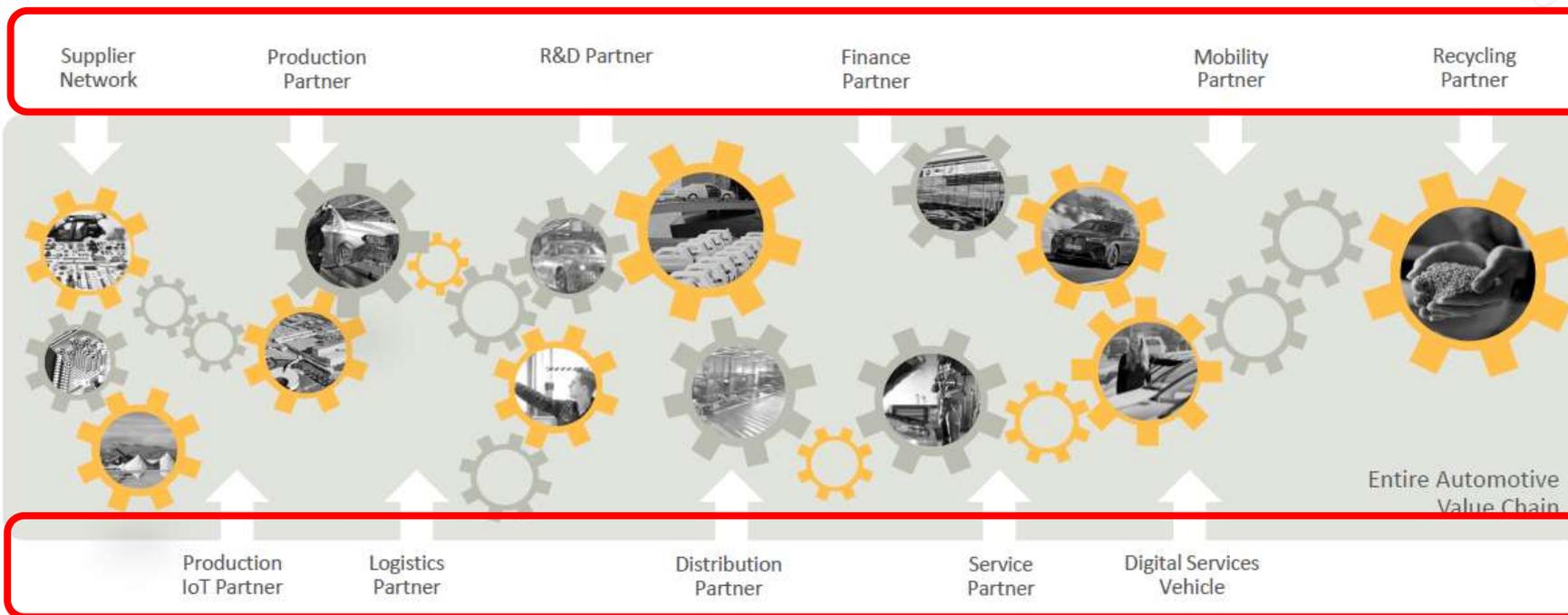
Catena-X Automotive Network

On behalf of Catena-X

© 2021 Catena-X or an Catena-X affiliate company. All rights reserved.



We Create the First Data-Driven Value Chain
Incorporating all Participants and Steps



Catena-Xの仕組みの汎用性

左記のバリューチェーンを構成するステークホルダーは、自動車特有ではなく、**製造業一般**とも言える。

The First Use Cases to Kickstart the Network

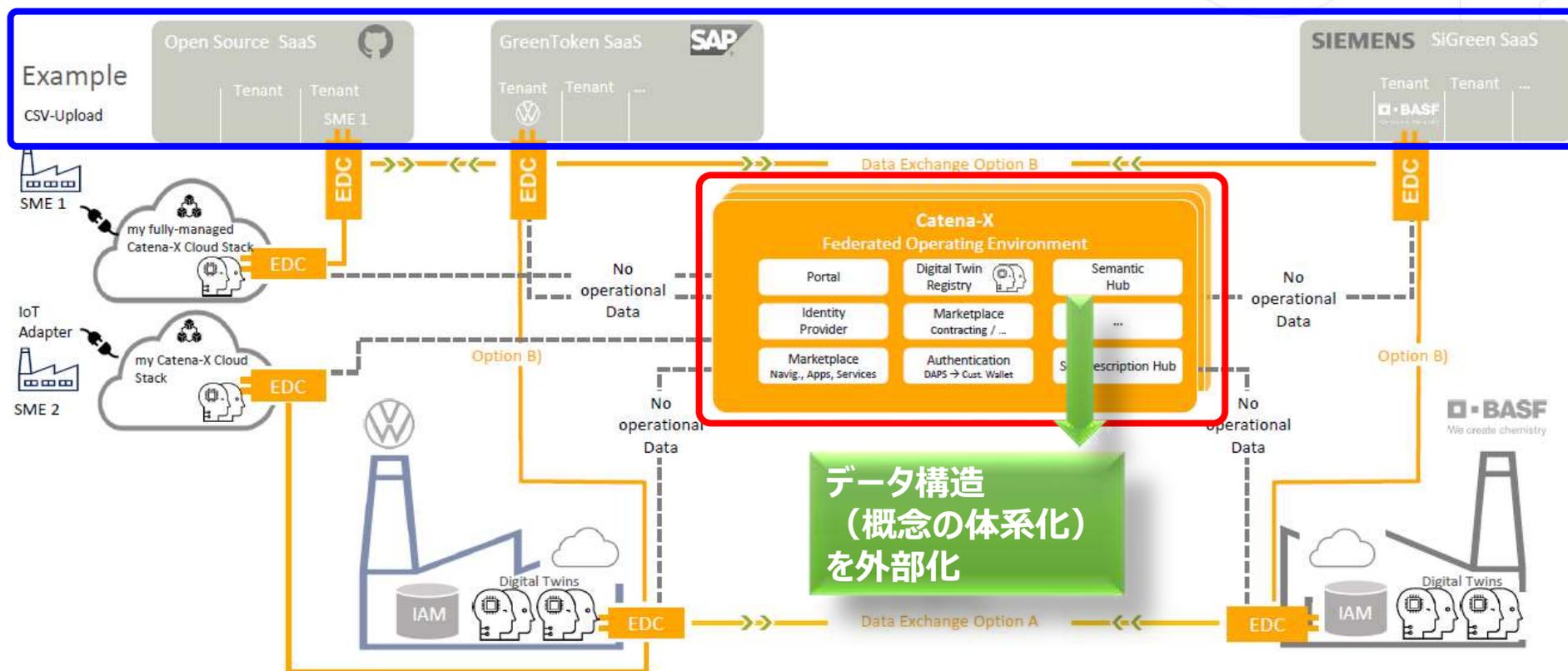
10 business-critical end-to-end use case processes



Catena-Xの仕組みの汎用性

左記の手始めの10のユースケースは、自動車特有ではなく、**製造業一般**とも言える。

How Catena-X Works – GAIA-X Ready Architecture



© 2022 Catena-X or a Catena-X affiliate company. All rights reserved.

13

Catena-Xの仕組みの汎用性

左記のCatena-Xが用意した**運用環境**は、自動車特有ではなく、**データ連携に必要な一般的機能**とも言える。



<仮説>

①分野に固有である**サービスアプリケーション**と**データ構造 (概念の体系)**は外部化しているのでこの運用環境はどの分野にも適用できる可能性がある。共通の**概念の体系**の元に**アプリケーション**が動く。

②こうした構造が次頁のような多層なエコシステムを実現できる

Catena-Xから見た多様なエコシステム構造

人間本位の産業を目指して

“Connected Industries”

New vision for the future of Japanese industries

ビジネスエコシステムは、**多種多層で重なっている構造**を持つ。
出典“*The Death of Competition*” by J.F.Moore 1996 (米)

アプリケーションで
例えば、AIや
CPS/DTなどもこの
構造に載る

Catena-Xに見える多様なエコシステム

1. 自動車製造

- A社OEMエコシステム
- B社電装品エコシステム
- C国エコシステム
- 国際エコシステム

2. ユースケース（及びアプリケーション）

- サプライチェーンエコシステム
- エンジニアリングチェーンエコシステム
- 環境管理エコシステム

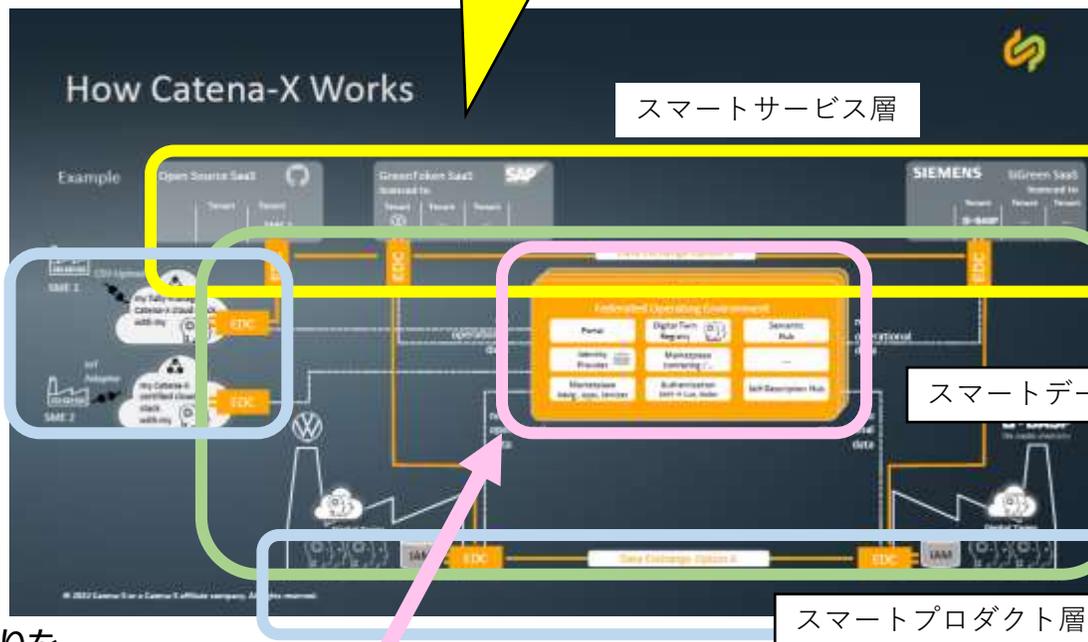
3. プラットフォームエコシステム

- D社PFEエコシステム
- E社PFEエコシステム

これらは、1例でしかないが、多層であり、重なりを持ったエコシステムで、1社1部門から見ると複数のエコシステムにつながっており、必要あればさらにエコシステムを切替えられる。

インターネットでA氏からB氏に様々な機器を介してメールが送れる。これに、データの所在とその意味合い、アプリケーションでのデータの体系を管理する仕組み(ピンク)を持つことで上記**データエコシステムの構造**が可能

自動車製造以外の他のエコシステム、例えば、教育、健康、福利、金融・・・等とも重なることも可能になる。



これは下図
スマートサービス（アプリケーション）層(黄色)
スマートデータ（IDS）層(薄緑)
スマートプロダクト（アセット管理シェル）層(薄青)
の独立した3階層構造から実現
この構造で**End to Endのデータ主権、セキュリティ**
などを確保
出典 “SMART SERVICE WELT” by
Acatech 2015 (独)



データの所在と意味
アプリケーションのデータ体系
などを管理

この構造は他の分野でも同様のフレームで構築できる
(Catena-Xがフラグシップと言われる所以)

これにより、特定のアプリやプラットフォーム依存を排除し
これらの複数の組み合わせ可能にする
オープンソースソフトの活用でコストを下げる

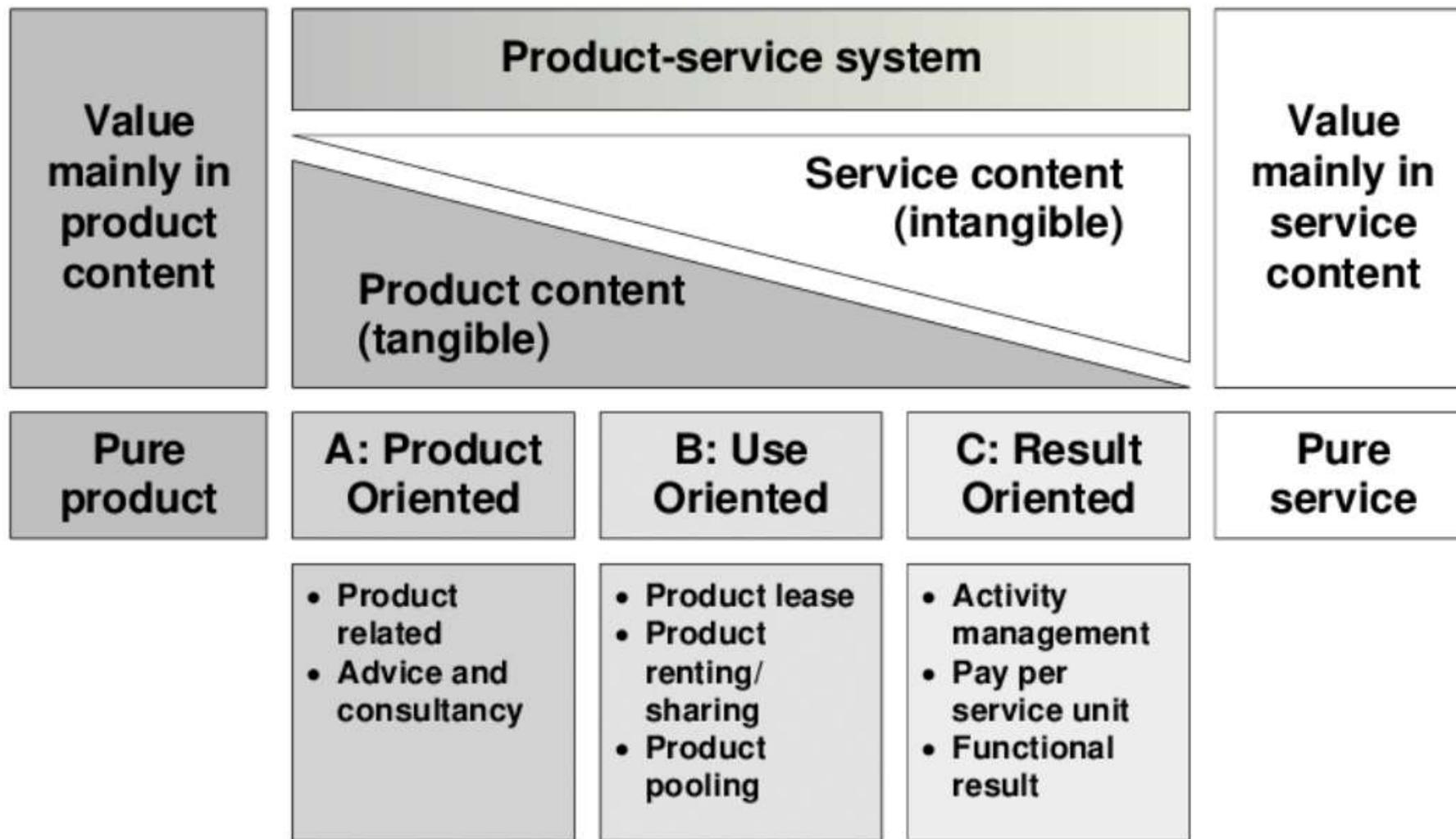
文責 RRI 産業IoTアドバイザー 水上 潔

製造業のサービス化への対応

人間本位の産業を目指して

“Connected Industries”

New vision for the future of Japanese industries



Catena-Xの構造は欧米で言われる製造業のサービス化Product Service Systemのあらゆる形態に対応できる。日本で主流のPure Productにも。

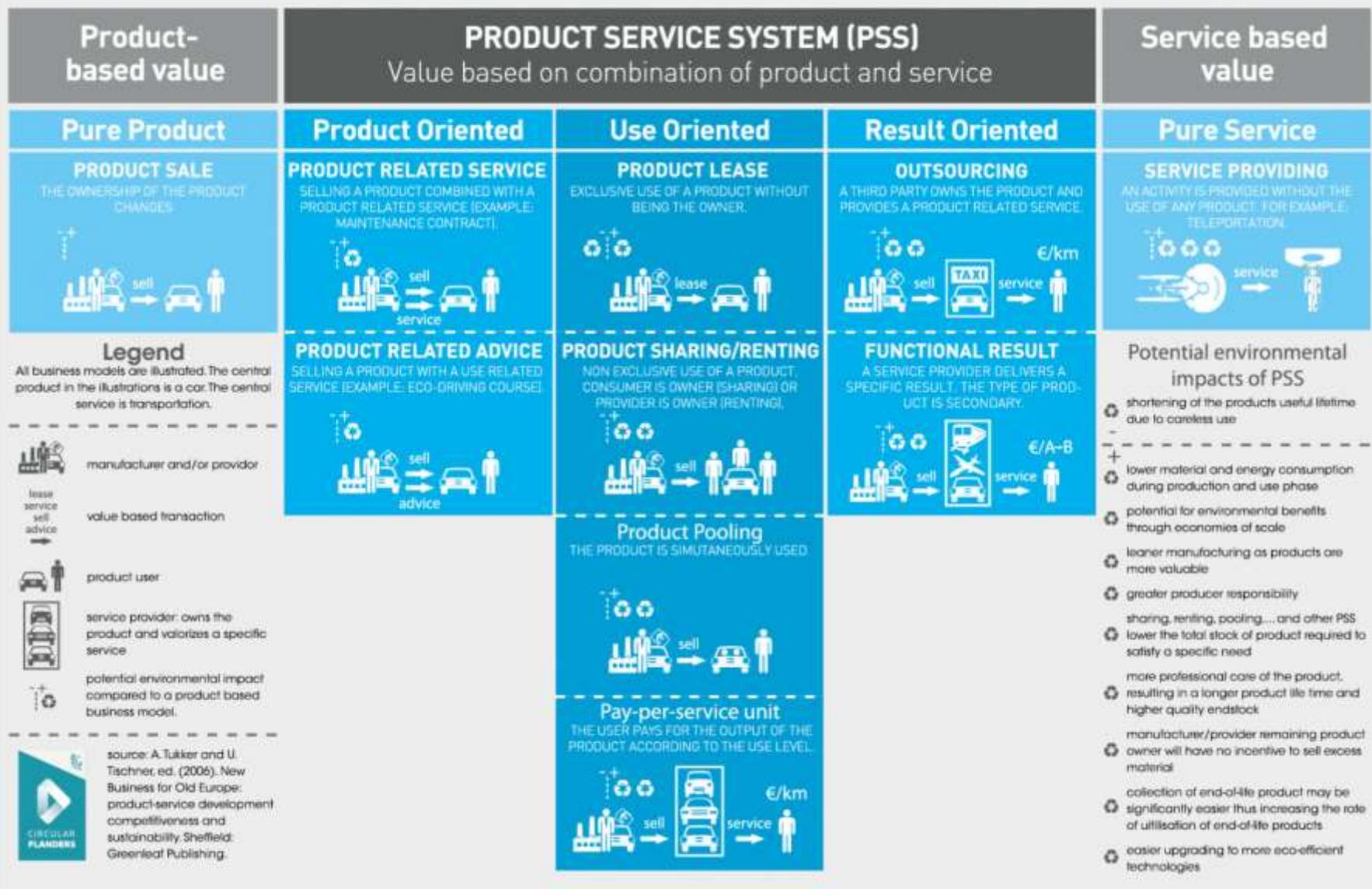
これは今後出てくるであろうビジネスイノベーションにも対応できる。

Types of Product-Service System (PSS) [35]

[Types of Product-Service System \(PSS\) \[35\]](#) | [Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)

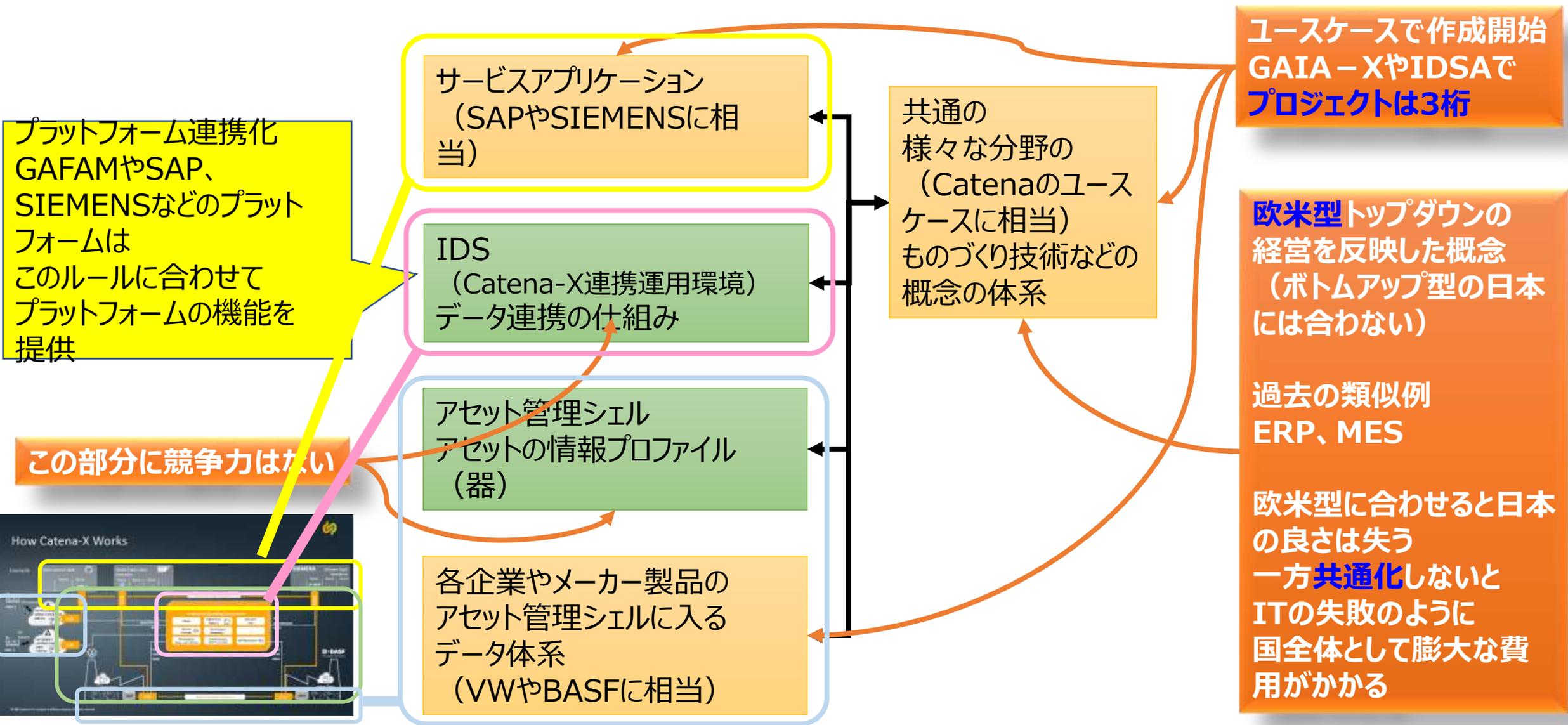
PRODUCT SERVICE SYSTEMS: MAIN AND SUB-CATEGORIES

“Connected Industries”
New vision for the future of Japanese industries



[Product-service systems - Vlaanderen Circulair \(vlaanderen-circulair.be\)](http://vlaanderen-circulair.be)

以下3枚は、工学的に精査要



プラットフォーム連携化
GAFAsやSAP、SIEMENS
などのプラットフォームは
このルールに合わせて
プラットフォームの機能を
提供

サービスアプリケーション
(SAPやSIEMENSに相当)

IDS
(Catena-X連携運用環境)
データ連携の仕組み

アセット管理シェル
アセットの情報プロファイル
(器)

各企業やメーカー製品の
アセット管理シェルに入る
データ体系
(VWやBASFに相当)

共通の
様々な分野の
(Catenaのユース
ケースに相当)
ものづくり技術などの
概念の体系

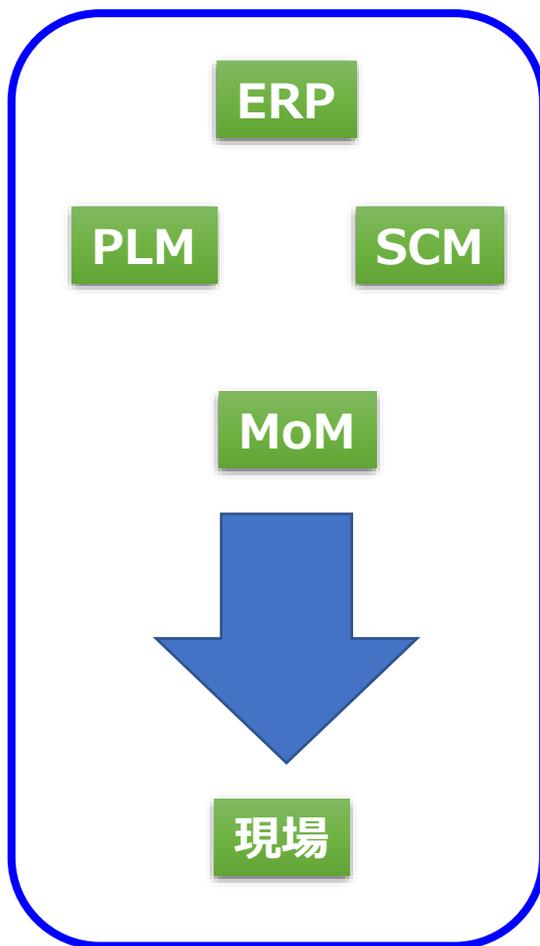
日本語での共通の
概念体系がない
企業・部署でバラバラ
よってこの構造では
繋ぎようがない

つまりネット上の構造から
日本企業はなくなるので、
日本企業は日本市場に閉じこもって活動
しかし、欧米と圧倒的
コスト・スピードに不利があり
日本市場でも立ちゆかない

日本語での共通の概念体系は、
学と企業で作るしかないが、
情報科学でのこの考え方を理解
できる人材が学・企業にほとんど
いない。
学には生産工学のような実学が
弱い(質量など)
IT企業すら、概念の体系化に
関して理解が弱い

欧米型：トップダウン型

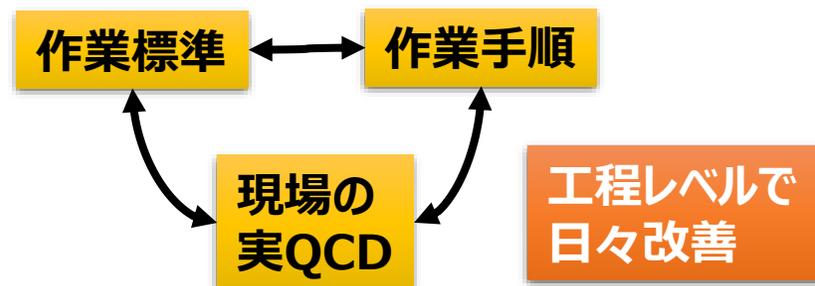
概念の体系の
共通化の範囲



管理に関して
概念が共通化していて
整合が取れている

概念を共通化し始めている。
あくまで上部からのトップダウン
(現場での自主改善はない
代わりに、現場の不具合は
トップダウンで全体設計に反
映される)

日本型：ボトムアップ型



改善があるため
欧米流の構造には
合わない

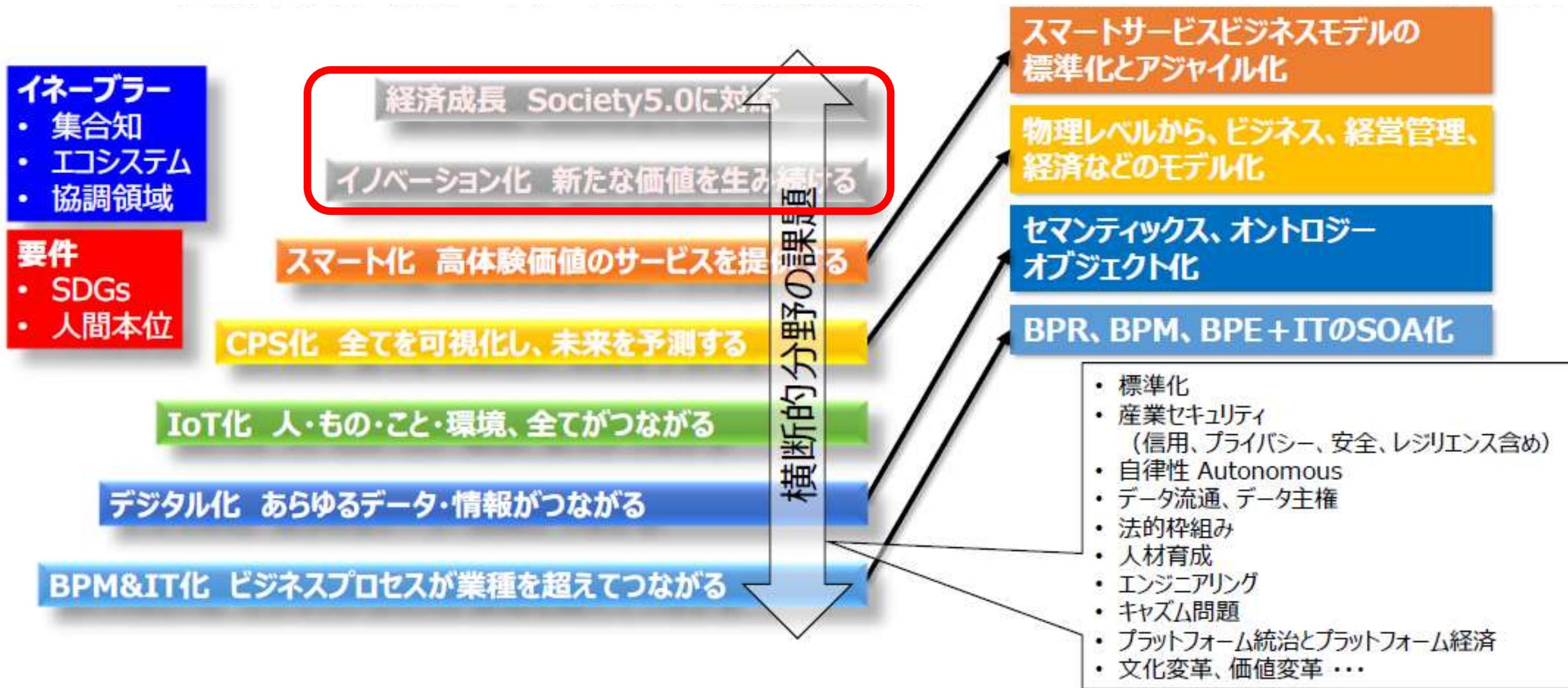
現場毎に言葉や
やり方がバラバラ

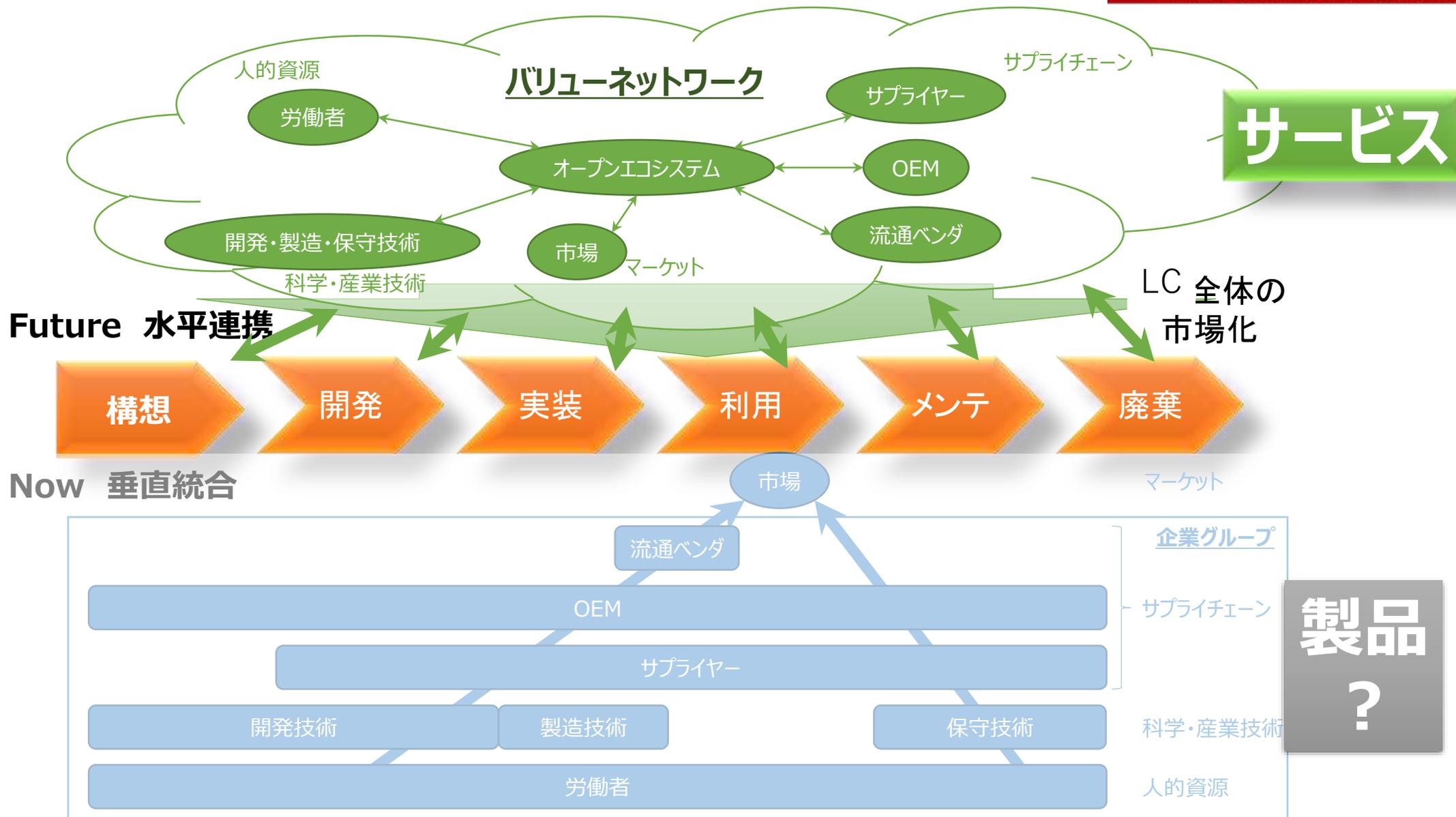
尚、欧米はデータ連携で現場情報を理解していずれ日本レベルの概念を体系化する (科学的に向かう)

1. 目的がわかりづらい →これまでの独戦略から考えて、「イノベーションの加速化への対応」
2. カーボンニュートラルや循環経済は1項を進める重要なイネブラーであり、目標。
3. この図で、日本が理解しづらいのは、オントロジー化（共通概念化）（ものづくり技術のオントロジー）
4. その概念に基づくデータ体系が欧米では企業間で準備され始めている
5. 日本には3項、4項がない（企業・部署で異なる部分個別のデータ）。表層上の構造だけでは真似できない。（日本語によるオントロジーがないことが大問題。）
6. 欧州で当たり前なので説明がないと想定すると、日本にはそもそもそうした発想がない。
→ 背景に、ものまねでものを作ってきた？（改善は自分達で作ったので・・・）

RRIでの考察

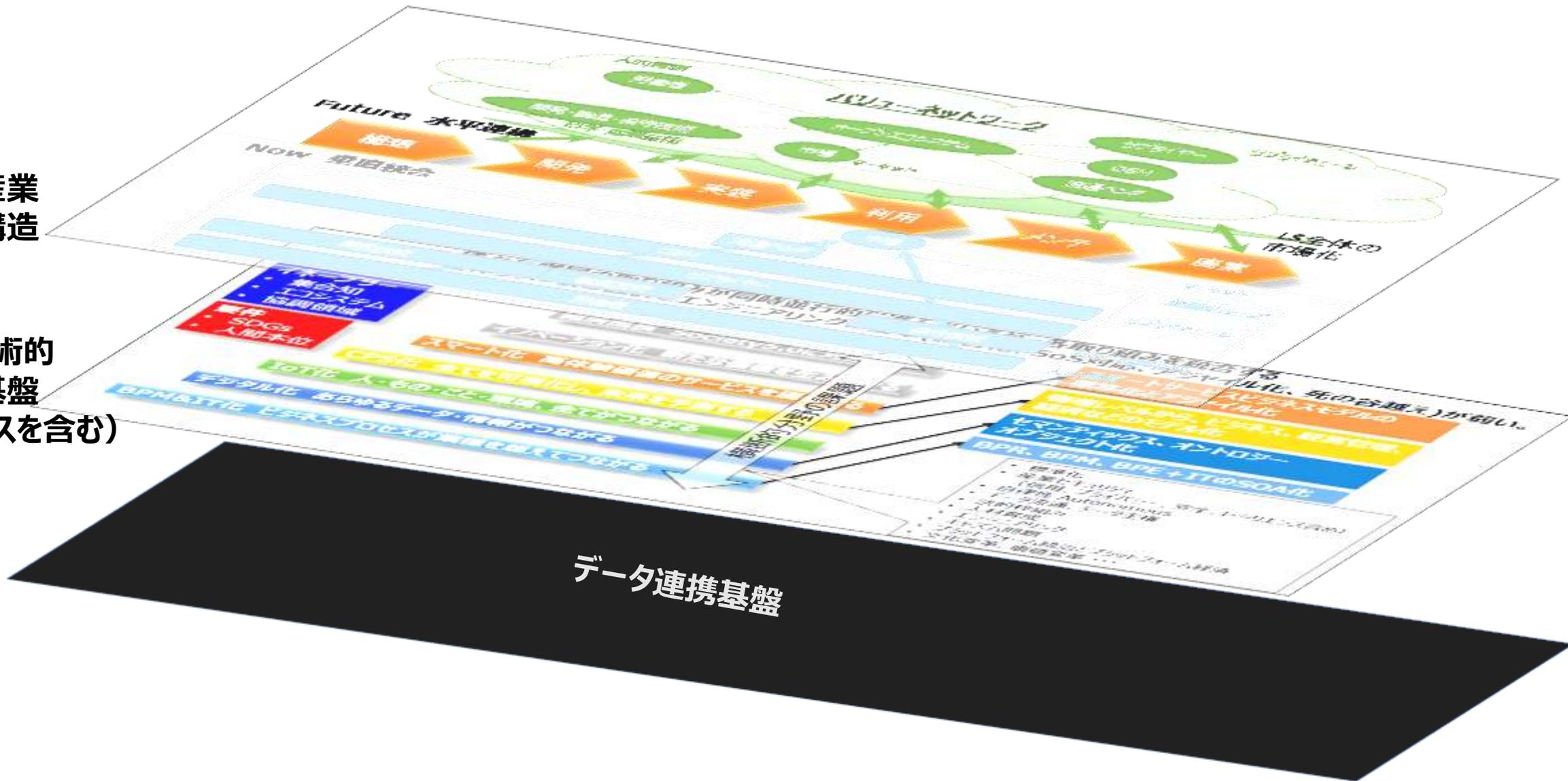
➤ 多層な技術的基盤を統合しデータ活用して、**エコシステムでイノベーションを加速化する。**





産業
構造

技術的
基盤
(プロセスを含む)



社会 aaS
Society5.0, SDGs, TripleBottomLine



新しい産業構造

都市 aaS

健康 aaS

エネルギー aaS

食料 aaS

Mobility aaS

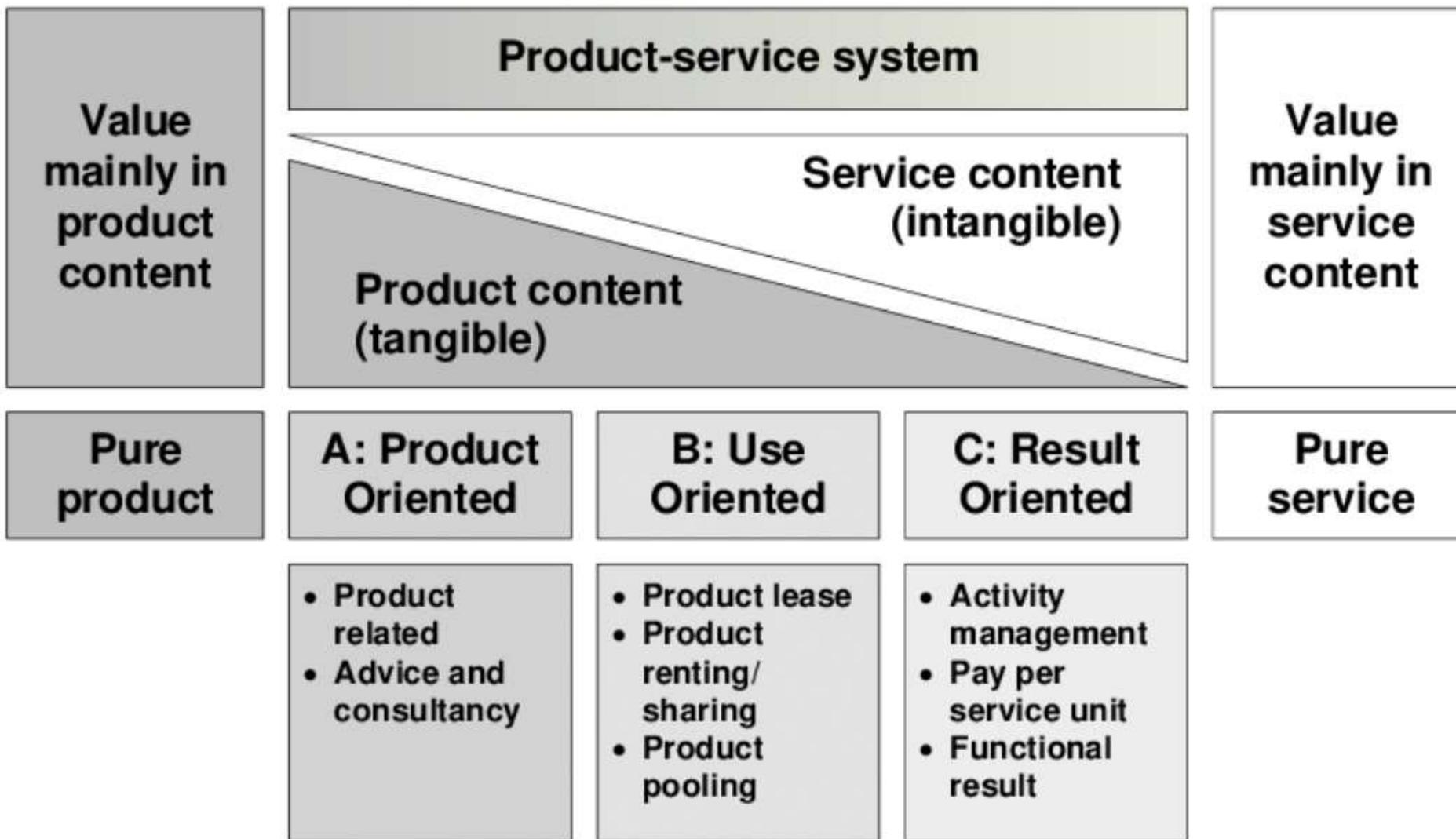
農業 aaS

など



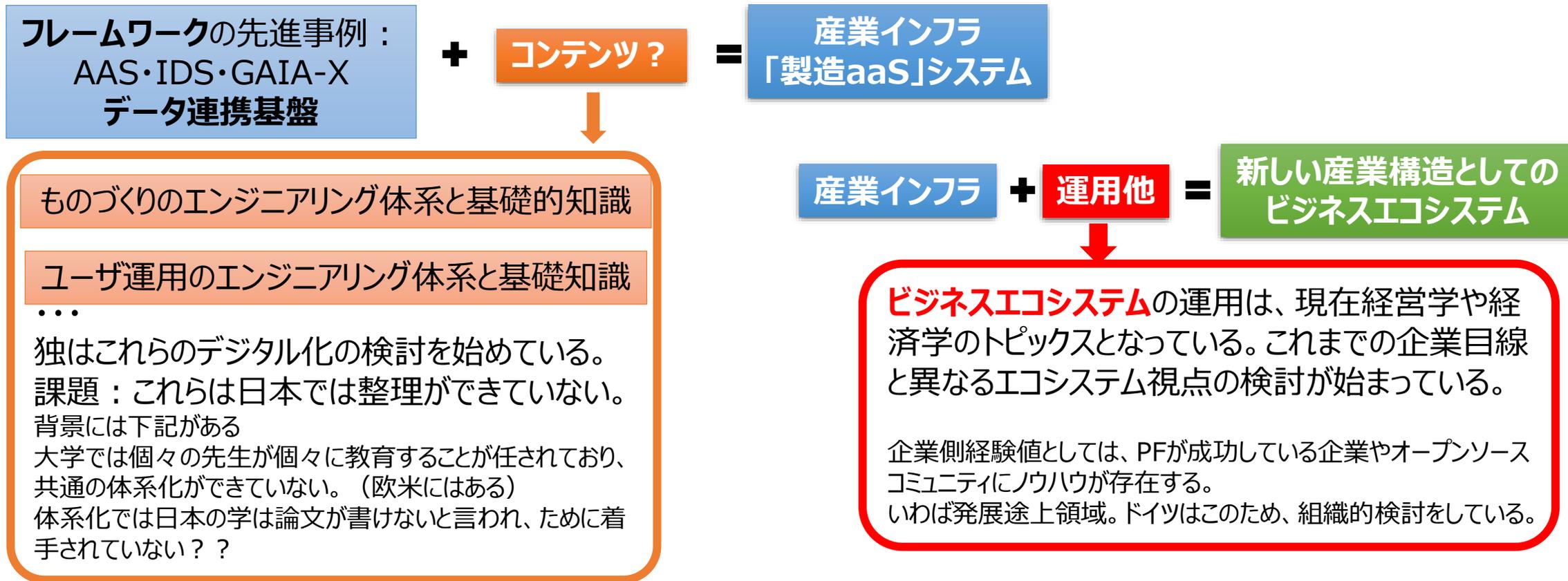
「(被) 製造 aaS」

全ての分野に製品やサービスを提供する
設計・製造・運用情報も含まれる
(一般に言う製造aaSではない)

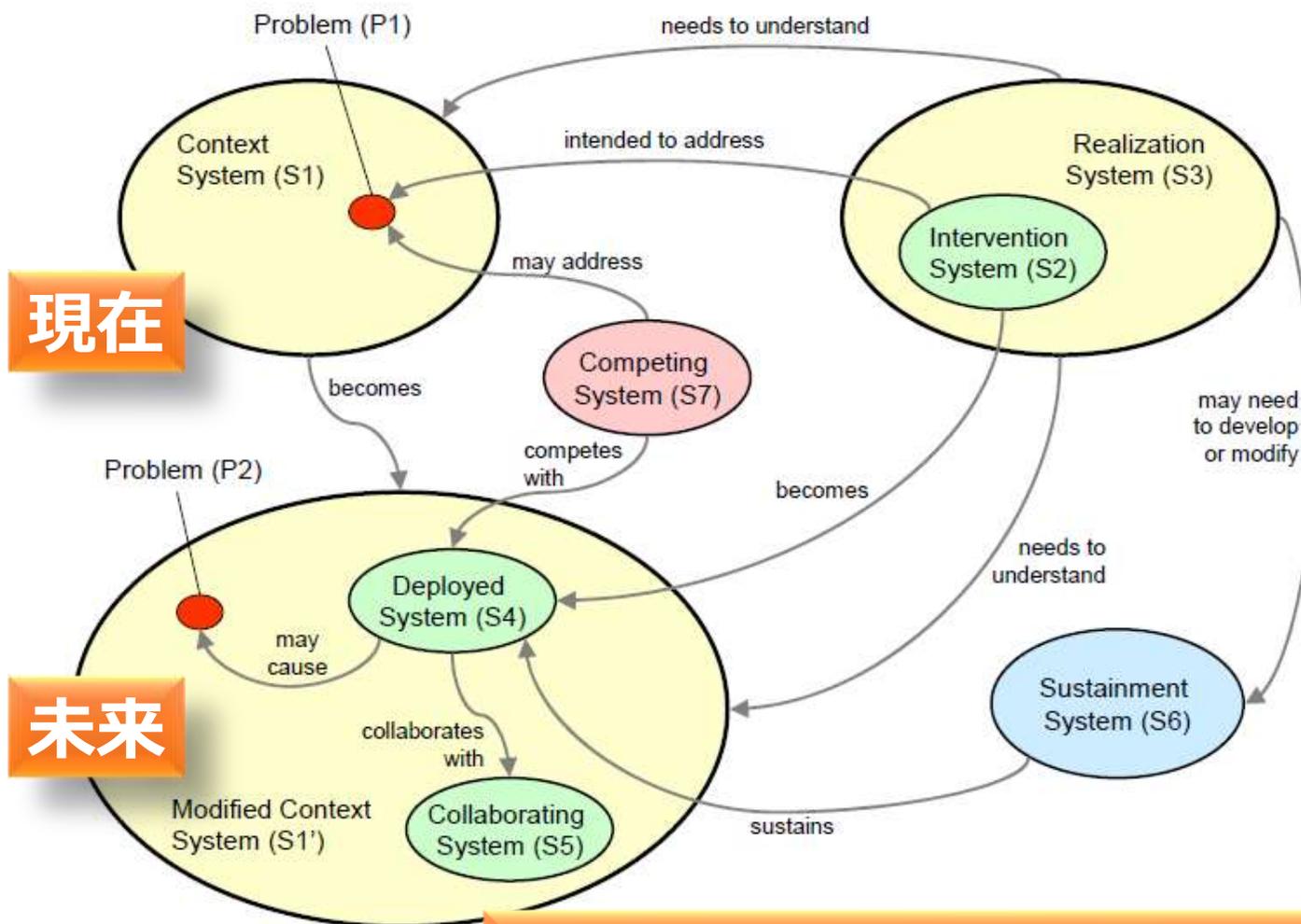


フレームワークとインフラとエコシステム

- 欧州の技術的基盤データ連携基盤は共通フレームフレーム。単につなぐ以外に、活用するための仕掛けやノウハウがいる。
- 欧米では実践的蓄積が進められている。この中で、活用するには**エコシステム化が重要な**位置付けにある。



注：基礎知識とはpost competitive領域、誰もが当たり前共通に持っている知識、学術的公知な知識。この他、産業政策的にpre competitiveな領域も存在する。尚、独はものづくりエンジニアリングに関してのデジタル化の分析を始めている。

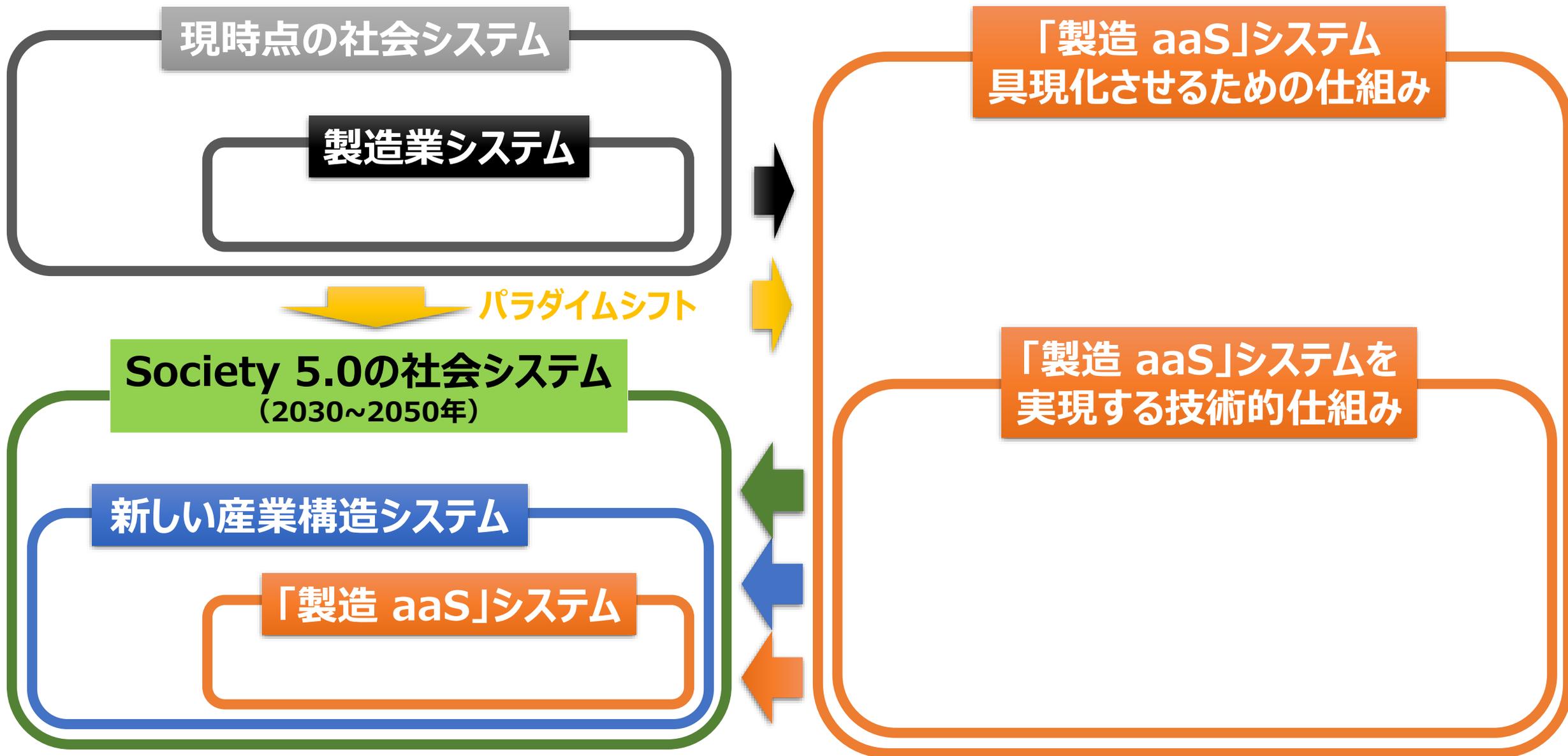


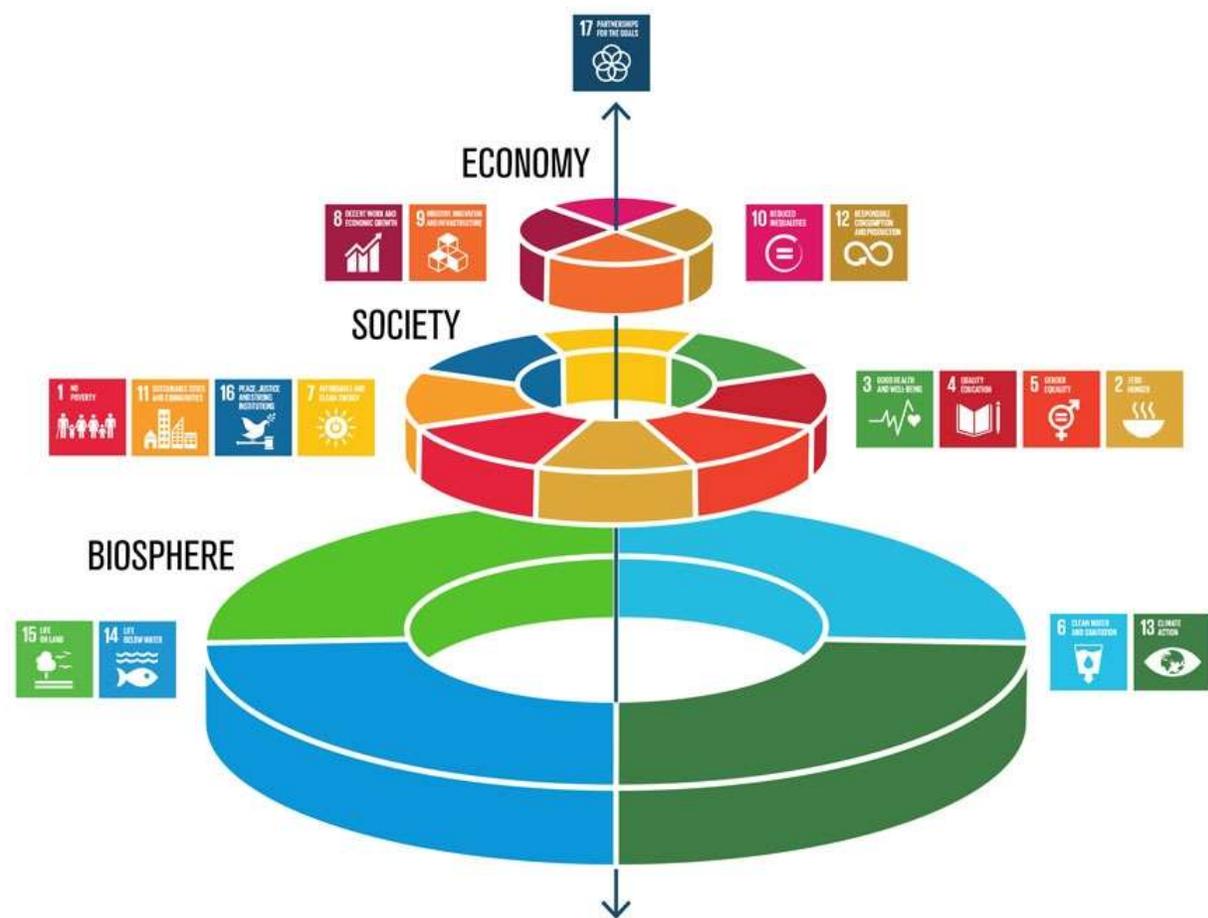
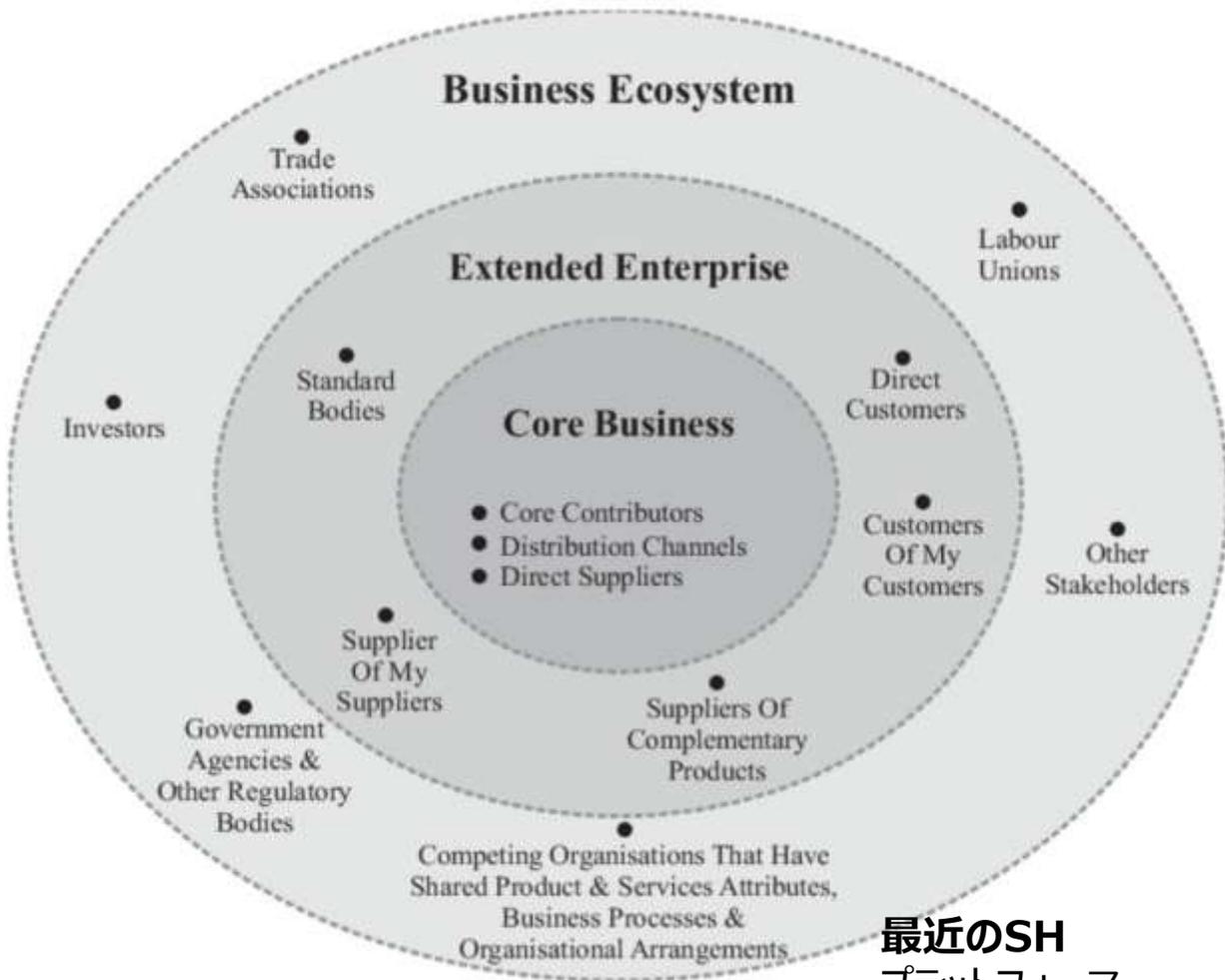
現在

未来

メタプロセス（方法の方法論）の設計

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.457.3253&rep=rep1&type=pdf>





“The Death of Competition”
by J.F.Moore 1996

最近のSH
プラットフォーム
エコシステムドライバー
ラインビルダー
エンジニアリング

経営工学への期待

経営工学とは、

ものづくり（広義）のプロセスの経営・管理を工学する

- 現場の在庫管理、スケジューリング
- MES、MoM、SCM、ERP...
- 第4次産業革命対応の産業社会設計と実装（運用）

ものづくりという様々なレベル、人間が意図を持って行う 世界での工学、つまり、人工物を作り、運用、再利用する など世界のコントロールとマネジメントに対する工学

学会会議における「ものづくり」の定義

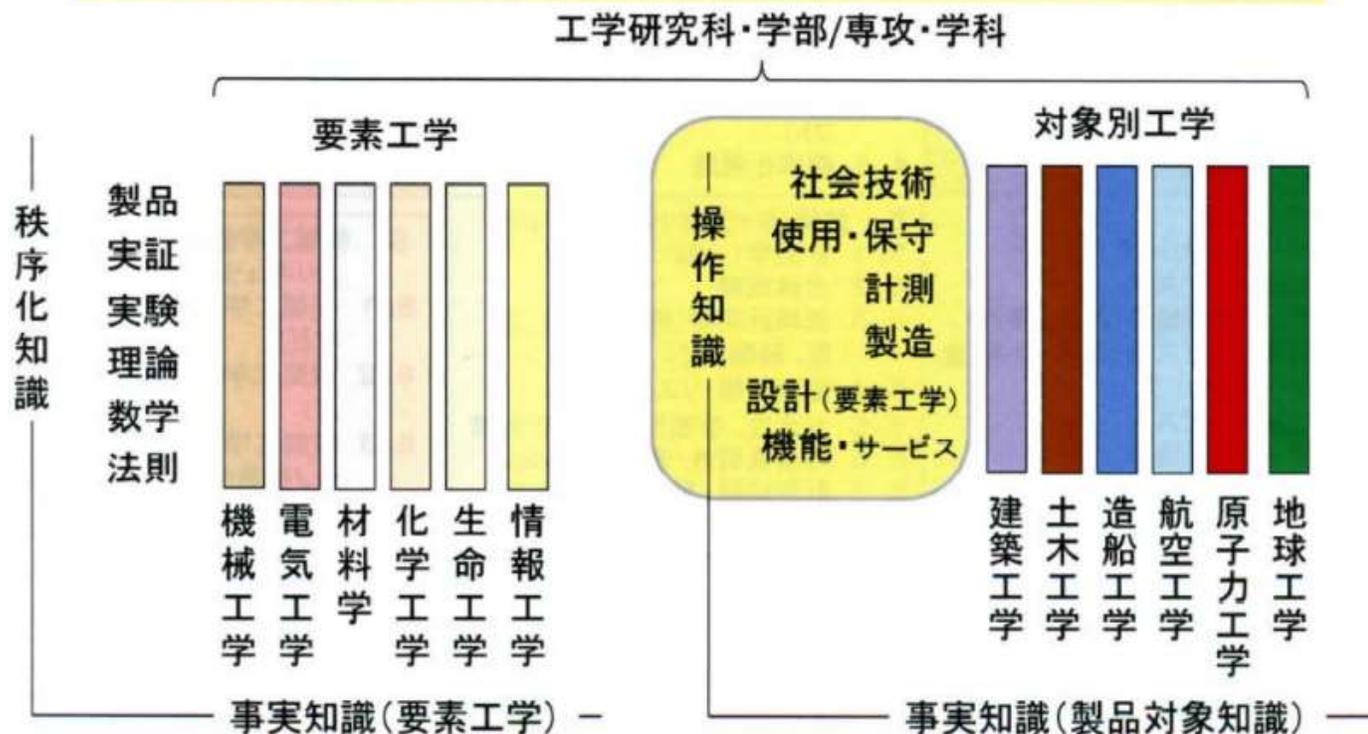
人間社会の利便性向上を目的に人工的に「もの」（形のある物体および形のないソフトウェアとの結合を含む）を発想・設計・製造・使用・廃棄・回収・再利用する一連のプロセスおよびその組織的活動であり、結果が社会経済価値の増加に寄与できるとともに、人間・自然環境に及ぼす影響を最小化できること。

- 工学にはanalysis と synthesisがある。analysisは「存在するもの（自然物、人工物）」を理解する、synthesisは、「まだ存在しない人工物」を作り出す。
- ものづくりのあるべきシナリオは、analysisの学術を素養として身に着けつつ、それらの知識を領域横断的に活用し、社会的期待に導かれて、まだ存在しないもの（システム、サービス）をsynthesisの考え方・方法により作り出すこと。
- 本来のsynthesisでは、最初は領域独立・横断的にTo-Beで考察し、synthesisが進むにつれて、各領域の課題に落としていく。最初は領域独立でTo-Beの姿を追求することが本質的に大事、という意味で、synthesisは横串的に構成されていることが重要。

吉川弘之:「人工物工学センターの使命」
(人工物工学研究センター設立20周年記念コロキウム、2012年12月7日)

技術知識の構造変化

構文(伝統的工学カリキュラム)から意味(構成型工学カリキュラム)



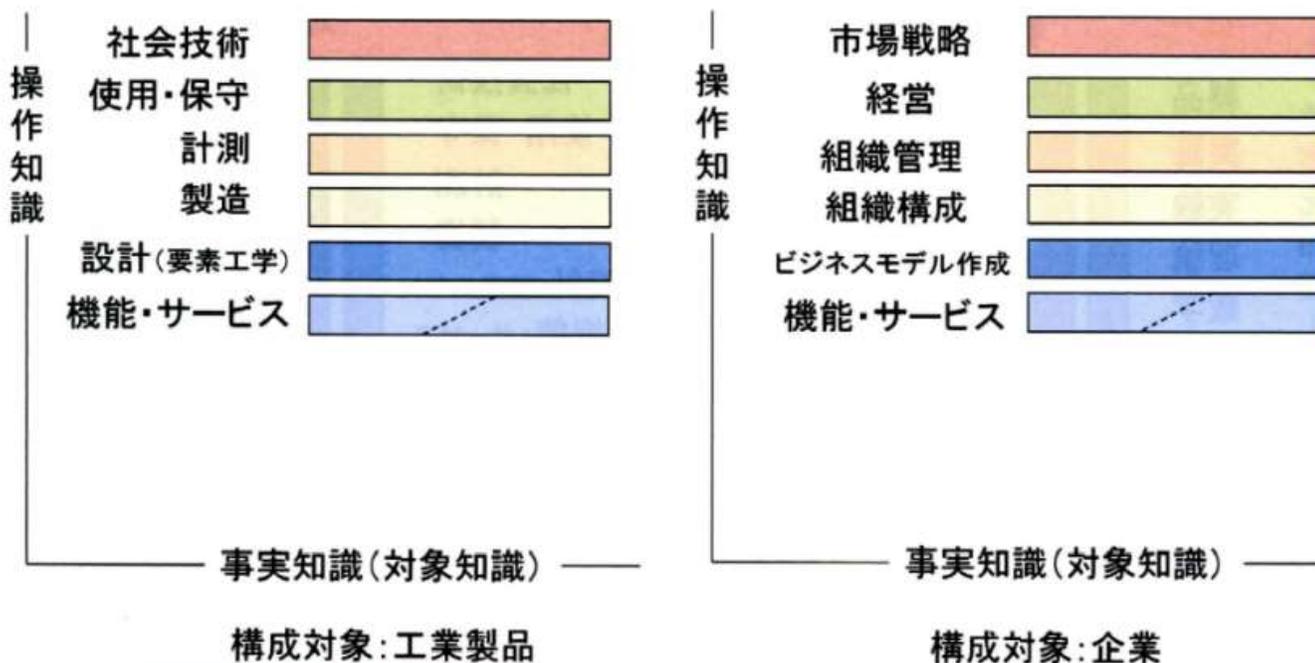
- 操作知識
(synthesis 横串)
の体系的教育が必要。
- 縦串 (製品対象知識) の習得ができた人材に対して、横串 (操作知識) の教育を行っていく。
- そのためのカリキュラム体系が必要。

秩序化知識は領域の構文化 (syntax) であり、操作知識は領域の意味化 (semantics) である。

吉川弘之:「人工物工学センターの使命」
 (人工物工学研究センター設立20周年記念コロキウム、2012年12月7日)

操作知識を分類軸とするカリキュラム

構成型工学カリキュラム



操作知識を、対象独立な抽象的なものとして記述することが必要である

- 左が「ものづくり」系の工学、右が「管理」系の学術
- analysis/synthesisの学術をしっかりと身に着けたsuper-engineerを育成するとともに、自由にTo-Beで発想できる環境を提供することも必要。

1. **世界は大きく変化し始めている。**
2. **日本は？**
3. **新しい次代のものづくりやその産業構造に向かって、経営工学は非常に重要な役割を担っている**
4. **Synthesisへの取組みをお願いします**