

Industrial Value Chain Reference Architecture revision 1

つながるものづくりの実現戦略 IVRA-Next Strategic implementation for connected industries - IVRA Next

パブリックレビュー版

2017 年 11 月 27 日

一般社団法人 インダストリアル・バリューチェーン・
イニシアティブ

【コメントのお願い】

このドキュメントは、製造業が企業の壁をこえてデジタル技術を活用してつながるためのアーキテクチャーとそのための実現手段が示されています。インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ (IVI) は、このドキュメントの内容に関するコメントを広く集めています。コメントは、以下のメールアドレスまでお願いします。

stdgen<アットマーク>iv-i.org （<アットマーク>の部分を@に代えてください）

IVI 理事長 西岡靖之

目次

第1章 概要.....	1
アーキテクチャーの3つの階層（レイア）	1
ものづくりをとらえる基本軸.....	2
ものづくりの4つのサイクル.....	3
つながるものづくりの単位（SMU）	4
第2章 SMUのモデル化	8
AS-IS モデルと TO-BE モデル	8
自己変革のための4つのステージ	9
業務シナリオによるモデル化.....	10
サイバー世界とフィジカル世界の関係.....	13
第3章 プラットフォーム参照モデル	15
プラットフォームの位置づけと階層	15
コンポーネントのカテゴリ	17
サービスを構成するオブジェクト	17
システム連携の階層と方式	19
プロファイルの種類と内容	20
第4章 ものづくり連携のためのフレームワーク	22
SMU連携の基本単位（PLU）	22
オープン連携の基本構造	23
ハイパー連携サーバの構成	24
ゆるやかな標準による辞書管理.....	26

1

2 第1章 概要

3 アーキテクチャーの3つの階層(レイア)

4 Industrial Value Chain Reference Architecture（ものづくりバリューチェーンの参照アーキ
5 テクチャー）は、3つの階層がある。

6 1)経営レイア(Management Layer)

7 経営のレイアでは、企業経営の視点から、ものづくりの本質的な構造、ものづくりのための
8 組織形態、必要となる視点や軸の存在、そして全体を俯瞰するための理念や価値観などを論
9 じる。経営レイアでは、製造業が企業として顧客に提供する製品やサービスに関する視点や、
10 経営戦略的なポジショニングの視点、事業者を超えた取引におけるお金の視点、知的財産や
11 モノ・サービスの価値の視点などを含む。

12 2)活動レイア(Activity Layer)

13 活動レイアでは、現場で実際に行われている活動の視点から、それを主体的に行う人や機械、
14 そして人が行う活動、機械が行う処理、そして活動や処理の対象となるモノや情報が、議論
15 の対象となる。個々の製造業の個々の生産現場では、それぞれすべてが異なるものづくりの
16 具体的な活動を行っている。活動レイアでは、こうした多様な現実を踏まえて、その多様性
17 の存在を活かすつながるしくみを定義する。

18 3)オペレーションレイア(Operation Layer)

19 操作レイアでは、人の活動や機械の処理をより具体化した操作について、その操作の対象と
20 なる項目や属性とあわせて議論する。操作レイアの多くは、個々の生産現場のノウハウや営
21 業秘密に相当する場合があるため、ここではその内容にはふれずに、その記述のための形式、
22 やモデル化の枠組みを定義する。操作レイアにおける操作の対象は、フィジカル世界の場合
23 はモノであり、サイバー世界の場合はデータとなる。

24

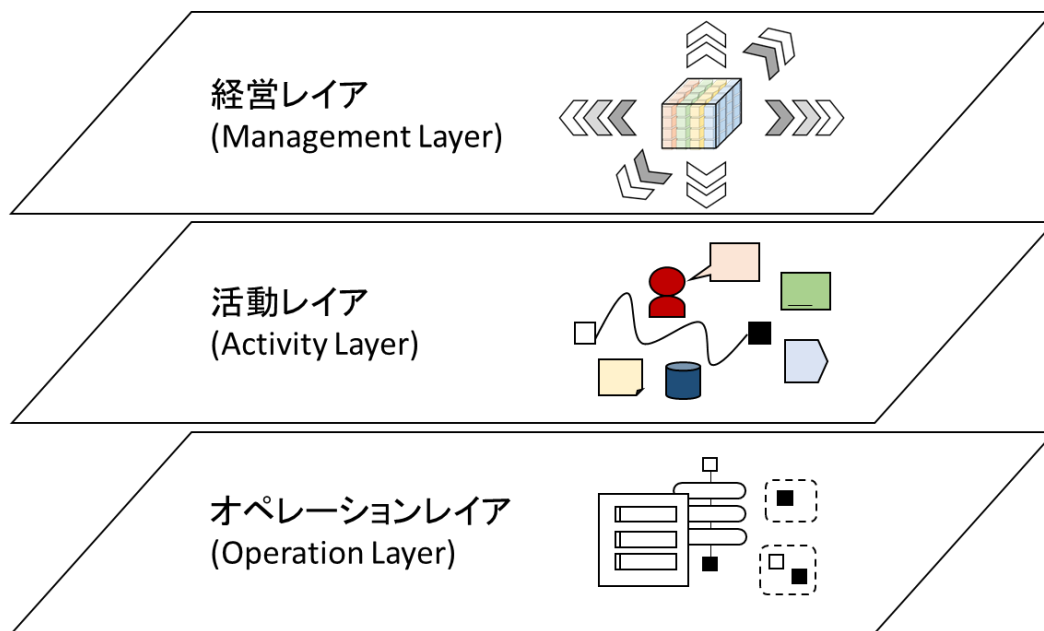


図 1 ものづくりの3つレイア

ものづくりをとらえる基本軸

事業を営む組織として、製造業は原材料を仕入れ、製品を製造し、そしてその製品を顧客に販売することで付加価値を生み出す。一方で、新たな製造業として、工場をもたないファブレス企業や、販売後のサービスによる付加価値を主な収入源と位置付ける企業など、ものづくりのデジタル化、サービス化、ソフトウェア化が進んでいる。

こうした製造業のあらたな変革をとらえるための基軸として、以下に3つの基軸を示す。

1) 製品軸

製品軸は、サプライチェーンとして、製品の原材料から最終製品までのモノの流れ、そしてそれに対応する要求や需要などのデマンドチェーンの流れに相当する。また、最終製品や構成部品、原材料や素材についての技術情報やエンジニアリング情報なども含まれる。

2) サービス軸

工場で行われている生産活動は、サービス活動として定義する。したがって、人、設備、生産方法は、サービス軸のなかで扱う。生産するための行為を提供する活動はサービスであり、生産をするためのしくみを提供する活動もサービスといえる。

3) 知識軸

現地、現物、現実に存在するモノは、インスタンス側として扱うのに対して、それをカテゴ

44 リ化した情報や、それを生み出すための図面情報などは、タイプ側として、抽象化、知識化
 45 して扱う。いままでインスタンス側にあったモノやコトが、IoT によってデジタル化され、
 46 データ化が可能となった。

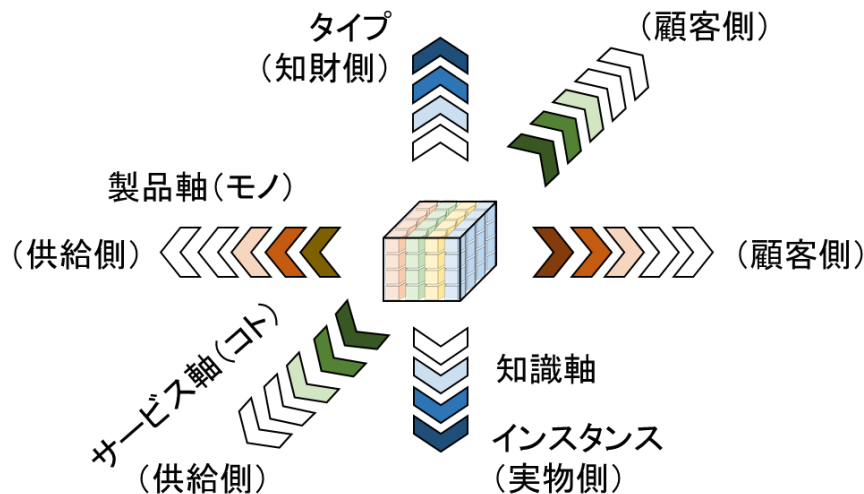


図 2 ものづくりをとらえるための基本軸

ものづくりの4つのサイクル

現実世界において、それぞれの製造業は、製品軸とサービス（設備）軸において、さまざまな活動を展開しており、それらはすべてサイクルを形成している。こうしたサイクルは、その対象とする内容によって長いサイクルのもの、短いサイクルのものがあり、以下のように分類できる。

1) 製品サプライチェーンサイクル

サプライチェーン上では、各製造業において、受け入れた原材料が加工されて製品として出荷され需要者に届くまでの一連のプロセスがサイクルとなり、繰り返し日々の生産が行われている。サプライチェーン上でのサイクルの長さは、製品リードタイムに相当し、事業者単体で見た場合と、サプライチェーン全体で見た場合とでは異なる。

2) 生産工程エンジニアリングサイクル

生産ラインを構成する設備や機器は、必要に応じて工場内に設置されている。対象とする製品が生産が行われている期間において、消耗品の交換、パラメータの再設定、故障や修理、必要に応じて買い替えなど保全プロセスが定期的、または不定期に実行される。

3) 製品ライフサイクル

新製品を開発した場合や、既存の製品の設計変更の場合などに相当する。あらたな製品モデルの投入に対応して、企画、開発、製品設計、生産技術（試作、量産）といったプロセスに続き、その後、最終的にその製品モデルが製造中止となるまでのサイクル。

4) 生産工程ライフサイクル

製品モデルが同じで、部分的なモデルチェンジの場合は、生産ラインは大きな変更は不要であるが、まったく新しい製品カテゴリを扱う場合には、工程そのものを新たに開発し実装する必要がある。また、場合によっては、工場単位や、新規の取引先との共同開発などをして、ものづくりのしくみを大きく変えるサイクルとなる。

上記のサイクルよりもさらに長期なサイクルとして、事象者（企業）そのもののライフサイクルがある。つまり、事業そのもののスクラップ&ビルド、ビジネスモデルの革新などにより、トランスフォーメーション（変革的）若しくはディスラプト（破壊的）なイノベーションサイクルが一番外側に存在している。

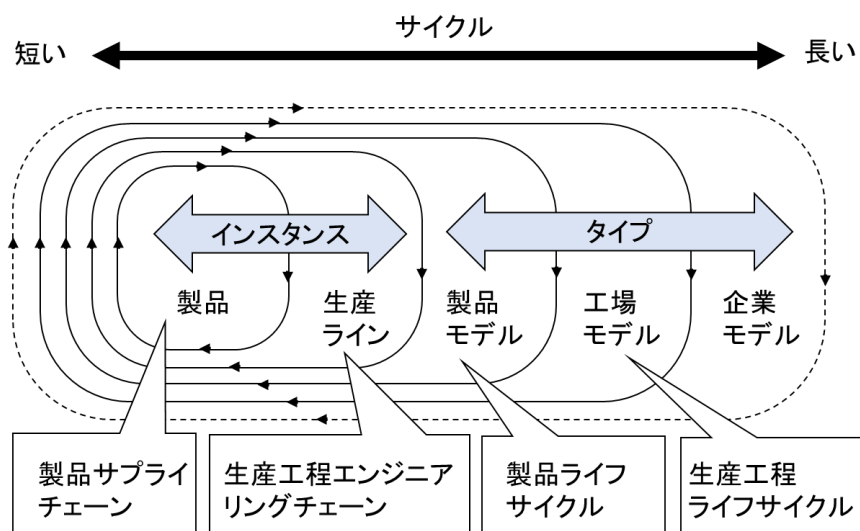


図3 ものづくりの4つのサイクル

つながるものづくりの単位(SMU)

つながるものづくりを実行する自律的な主体を SMU と呼ぶ。SMU は、つながることで付加価値を最大化する新しいタイプの製造業の基本構造を構成する組織単位である。ここで新しい製造業とは、その境界をあえて規定せず、他の産業、たとえば鉱業、農業、水産業、畜産業、そして、より最終消費者に近いサービス業などとシームレスにつながる産業でもある。

る。そして、さらに、SMU は、従来のような製造業における部門の壁、企業の壁、業種や業態、会社規模の壁をこえてつながるしくみを有することで、世の中のニーズやシーズに対応してダイナミックなサプライチェーン、エンジニアリングチェーンの再構成を可能とする。

SMU は、一般的には、企業の単位に相当する場合もあるが、それよりも細かな単位として定義することもできる。ただし、作業場（Work Center）や装置単体など、生産プロセスの単位ではあるが、SMU にはなりえないものもある。SMU であるためには、その内部構成を人が管理し、必要に応じて変更できる単位でなければならない。つまり、SMU は、自律的な意思決定ができる単位である。

SMU は、3つの視点によって構成されている。

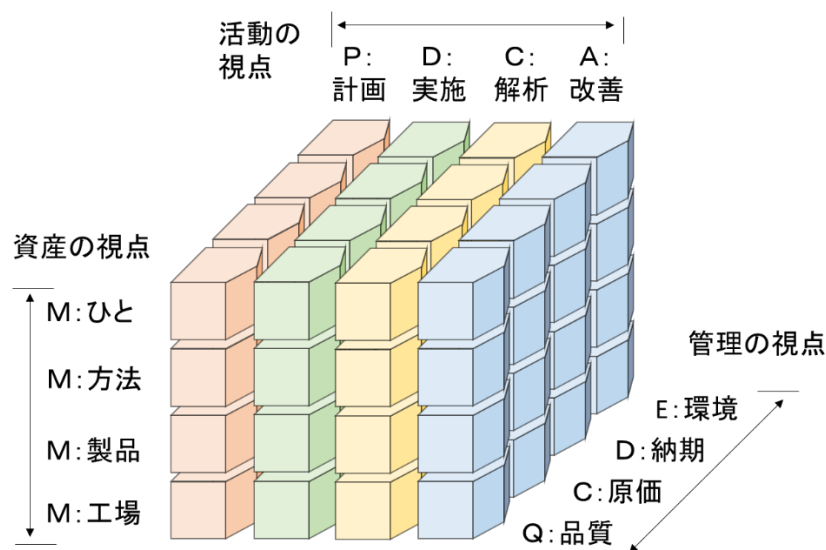


図 4 スマートなものづくり単位

1) 資産の視点

資産の視点とは、SMU を構成する資産に関する視点であり、ものづくりのために必要な資源として価値をもつものに着目する。ここであげる資産は、SMU に帰属し、その一部は、必要に応じて、SMU 間で移送することが可能である。

資産は、さまざまな活動における、なんらかの操作の対象であり、同時に、そうした活動を行う主体にもなり得る。たとえば、人は、指示を受けて何らかの活動を行う場合もあるし、状況に応じて自ら活動する場合もある。資産の視点には、以下の4つのクラスが定義されている。

■ひと (huMan / Personnel)・・・多くの生産現場に存在する人は資産である。人は作業者としてフィジカル世界においてモノの加工などを行うと同時に、管理者であるかどうかにか

107 関わらず第三者への指示や、意思決定を行う。

108 ■方法 (Method / Process)・・・生産プロセス、作り方や方法、あるいはノウハウなど、も
109 のづくりの現場は多くのプロセス知識をもっている。こうした“方法”に関する知識は、もの
110 づくりの資産である。

111 ■製品 (Material / Product)・・・生産によって生成された製品、あるいは生産において消
112 費される資材などは、資産である。その他、部品や構成品など、最終的に製品の一部となる
113 ものはすべて資産として扱うことができる。

114 ■工場 (Machine / Plant)・・・製品を生産する側である設備、機械、装置などは、工場の
115 一部として資産となる。治工具や副資材など、設備を動かすために必要なものも工場の一部
116 であり、これらはすべて資産である。

117 2)管理の視点

118 管理の視点とは、管理のための目的や指標を示す視点である。SMU の資産や活動は、管理
119 の視点としてあげられた品質、コスト、納期、そして環境のそれぞれの項目について、より
120 適切に管理され、最終的に全体最適となるかを個別に問われる。

121 管理の視点のそれぞれの項目は、それぞれ独立して管理することが可能である。対象とする
122 SMU 内の異なる資産や活動の範囲をまたいで、品質管理、コスト管理、納期管理、そして
123 環境管理といった管理のクラスが存在する。

124 ■品質 (Quality)・・・品質とは、SMU が提供する製品やサービスの特性が、いかに顧客
125 あるいは外部から要求されるニーズに合っているかを図る指標である。最終的に顧客に提
126 供する価値にダイレクトにつながる製品の品質、それを可能とする設備や工場の品質、そし
127 て人や方法に関する品質など、さまざまな品質の向上を図るための議論が可能である。

128 ■コスト (Cost)・・・コストは、SMU が製品やサービスを提供するために直接的または間
129 接的に投入される財貨の合計である。消費され製品に変換される資材や、設備を稼働させる
130 ために投入される役務、エネルギーの消費や、間接的に工場を維持、管理するために支払っ
131 た財貨もコストである。ただし、すでに存在していた資産そのものの価値はここでは含めな
132 い。

133 ■納期 (Delivery)・・・納期は、SMU にとっての顧客に、製品やサービスを提供する日時
134 や場所、方法が、どれだけ顧客のニーズにあっているかを示す指標である。要求された日時
135 に間に合えばよいだけでなく、指定した日時ちょうどに到着することが要求される場合や、
136 その場所、納入方法などに対応できるかが議論される。

137 ■環境 (Environment)・・・環境とは、SMU が活動を行ううえで、環境に対して過度な負
138 担を与えず、いかに環境と調和しているかを示す指標である。周辺や地域との良好な関係を

維持し、有害物質の排出や CO2、マテリアルフローの管理、エネルギーの消費量の管理なども最適に行うことで、環境にやさしい活動が可能となる。

3)活動の視点

ものづくりは、人や設備などが行うさまざまな活動の結果として、なんらかの価値を生み出している。活動の視点では、SMU がそれぞれの現場で行うこうした活動に着目し、対象とする問題を主体的にとらえ問題解決を通して改善していくダイナミックなサイクルとしてとらえる。

活動の視点には、それぞれの活動の目的や対象によらず、計画（Plan）、実施（Do）、解析（Check）、そして改善（Action）の4つの活動のクラスがサイクルとして存在している。

■計画（Plan）・・・計画とは、SMU が与えられたミッションに対応して、あるいはその目的を達成するために、ある期間または期限までに行うべき行動のリストや、行動の到達目標を決定する活動である。

■実施（Do）・・・実施とは、計画にもとづいて、実際に対象となる資産が存在する現場において、具合的な活動を実施し、あらたな資産を生み出したり、既存の資産の状態を変えたりすることで、目標を達成しようとする活動である。

■解析（Check）・・・解析は、実施の結果として現実世界がどのように変わったのかを客観的に計測または把握し、計画で目指した目標が達成されたかを調べるとともに、差異がある場合はそうなった原因を調べる活動である。

■改善（Action）・・・改善は、解析の結果をうけて、より目的指標を向上するための課題やあるべき姿に対して、現状との差異を埋めるために SMU 自身の構造やしきみを変更する活動である。機械や装置は自分自身で構造を変更しないが、SMU は人が介在することで自律的にしきみを変える。

162

163 第2章 SMUのモデル化

164 AS-IS モデルと TO-BE モデル

165 ものづくりの参照アーキテクチャーにおける活動レイアでは、SMU の内容を、それぞれの
166 役者が行っている活動のレベルで記述する。ここで、SMU で行われる活動を具体的に表現
167 する場合に、AS-IS モデルと TO-BE モデルの 2 種類を使い分ける。

168 AS-IS モデル

169 サイバー世界とフィジカル世界それぞれについて、現実が存在しているモノや、現実に関
170 っているコトを、それぞれの問題意識にもとづいて取り上げ、それをそのまま記述する。こ
171 うして記述されたモデルを AS-IS モデルと呼ぶ。また、活動のシナリオを AS-IS モデルと
172 して描いたものを、AS-IS シナリオと呼ぶ。AS-IS シナリオは、現状の仕事のやり方を、そ
173 のまま表現したものである。現状のやり方がよいか悪いか、どの部分が問題なのかを議論す
174 るために、あえて現状をそのまま表現する。

175 AS-IS モデルの目的は、問題を明らかにすることである。問題 (problem to be concerned)
176 とは、現実の状況が、ありたい状態となっていないことを示す。そのためには、現実の状況
177 を見える化し、利害関係者間で共有する必要がある。一般に、問題の記述は、「○○が○○
178 である。」という形式で表現される。

179 TO-BE モデル

180 また同様に、今後のあるべき姿として、実際に存在すべきモノや、実際に起こるべきコトを
181 モデルとして記述する。こうして記述されたモデルを TO-BE モデルと呼ぶ。活動のシナリ
182 オを TO-BE モデルとして描いたものを、TO-BE シナリオと呼ぶ。TO-BE シナリオは、あ
183 るべき姿を現したものであり、理想の姿ではない。IT や IoT など、デジタル技術を活用す
184 ると、このようなことができるはずだ、という姿を描く。

185 TO-BE モデルの目的は、課題を明らかにすることである。課題 (problem to be solved) と

186 は、現実をありたい状態とするためにやるべきことを示す。そのためには、あるべき状態を
 187 記述し、その状態に至る手段を明らかにする必要がある。一般に課題の記述は、「○○を○
 188 ○とする。」という形式で表現される。

189 自己変革のための4つのステージ

190 SMU は、つながるものづくりの基本単位である。SMU は、自ら考え、自律的に変化する主
 191 体的な存在である。すなわち、SMU は、自分自身の現状を定義し、問題や課題を定義し、
 192 あるべき姿を定義し、それにしたがってその構造や構成要素を変化させることを通して進
 193 化する。

194 SMU の活動の視点における PDCA サイクルは、現場を起点としたカイゼンサイクルであ
 195 る。このサイクルは、比較的小さな問題解決に適している。一方で、組織の構造や仕事の流
 196 れを変化させるような大きな変化を伴う場合には EROR サイクルを実施する。

197 つながるものづくりを実現する EROR サイクルは、つねに現状のしくみからスタートする
 198 進化型となる。つまり、その時点でのしくみが存在し、そのしくみを起点として、次の状態
 199 としてのつながるものづくりの仕組みをデザインし、具現化するというサイクルを繰り返
 200 し実施する。

201 EROR サイクルは、問題発見（Exploration）、問題共有（Recognition）、課題設定
 202 （Orchestration）、そして課題解決（Realization）の4つのステージによって構成される。
 203 EROR サイクルは、通常は1か月から3か月、最長でも1年以内で1つのサイクルが完了
 204 する。

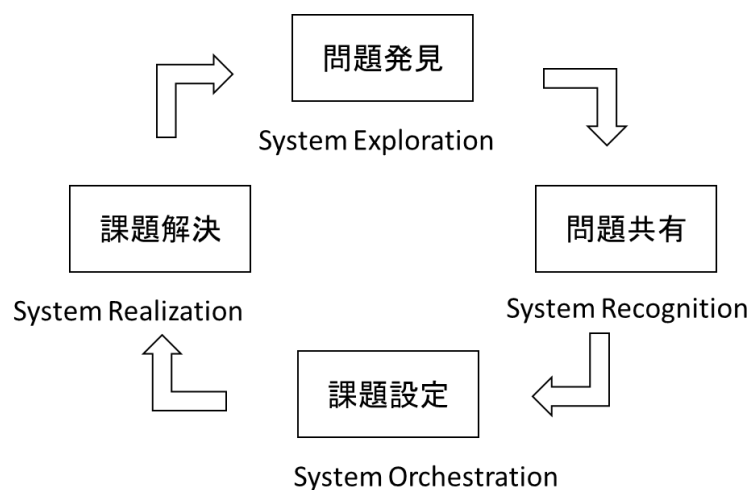


図 5 自己変革のための EROR サイクル

208 **ステージ1:問題発見(System Exploration)**

209 問題発見は、問題がどこにあるのか、そして何が問題なのか、といったそもそもの議論を行
210 うステージである。まず、対象とする問題の範囲、スコープを設定する。そして、より具体
211 的に、どこで誰がどのような困りごとを抱えているのかなど、現状について、できるだけ多
212 く、実際の担当者、当事者からのヒアリングを行い、その内容を整理する。そして、そこか
213 ら見えてくる問題の構造、そしてそうした構造から読み取れる問題の本質について議論す
214 る。ブレインストーミングやK J法などが有効な手法としてあげられる。

215 **ステージ2:問題記述(System Recognition)**

216 問題記述では、まずあるがままの現実について、関係者がその実態を相互に正しく認識する
217 必要がある。困りごとは、現状に対する解釈であるのに対して、ここで一度、その困りごと
218 が発生している状況を、実際の活動の様子を業務シナリオとして描くことで、事実関係の理
219 解を共有する。業務シナリオは、ものづくりの現場で作業を行う複数の役者が、モノや情報
220 のやり取りを通して、さまざまな活動を行っている様子を表現する。

221 **ステージ3:課題定義(System Orchestration)**

222 課題定義では、現状の問題を踏まえて、そうしたものづくりの組織、しくみがどのようにあ
223 るべきなのかを、同じく業務シナリオとして描くことで、課題を明らかにする。現状の業務
224 シナリオ（AS-IS シナリオ）に対して、あるべき姿の業務シナリオ（TO-BE シナリオ）で
225 は、情報の流れに関するムダを取り除から、同時に、自動化やサイバー化による付加価値を
226 高めたものとなる。課題定義では、こうした目標やゴールに至るための手段もあわせて議論
227 される。

228 **ステージ4:課題解決(System Realization)**

229 あるべき姿である業務シナリオ（TO-BE シナリオ）を実現するために、現在の業務の流れ、
230 仕事のやり方を変える必要がある。また同時に、これまでの活動のデジタル化、データ化を
231 進め、サイバー空間を効果的に利用するためのプラットフォームを活用することで、ムダの
232 排除と同時に効率化を進める。デジタルでつながった世界を段階的に広げていくことで、こ
233 れまで現実的に不可能であった新しい業務の流れを作り、付加価値を飛躍的に高めていく。

234 **業務シナリオによるモデル化**

235 ここで、モデルとして記述する内容として、業務の流れをまとめた単位で切り出した業務
236 シナリオを活用する。いわゆるシナリオとは、演劇や小説における筋書きである。シナリオ
237 には作者が存在し、作者の意図によって記述されたものではあるが、その内容は現実存在
238 するもの、存在しそうなもので構成されている。

業務シナリオは、それぞれの業務に登場する役者の目線でものごとが展開されるため、その内容を聞いた者、読んだ者にとって、理解しやすく、印象に残るものとなる。活動レイアにおけるものづくりの業務モデルをシナリオによって記述することで、関係者（ステークホルダ）にとって、その内容の理解を助け、合意形成や意志の伝達をできるだけ正確におこなう効果がある。

業務シナリオは、以下の要素によって構成される。まず、生産現場に対応するフィジカル世界では以下の4つの要素がある。

役者

役者は、みずから判断して生産に関する活動を行う主体である。役者には、担当員など人のみでなく、自動化された機械が相当する場合もある。役者は、実際にそれぞれの場面で仕事をする担当者を、その役割ごとに定義したものとなる。固有名詞ではなく、その役割（機能）がわかるような名前をつける。

活動

活動は、役者が行う仕事の単位である。仕事をそのアウトプット（成果）を他の役者によって継続可能な単位にわけたものとする。つまり、活動を途中で中断した場合に、その活動を構成する残された操作が、他の役者に振替不可能な場合はひとまとめとする。

モノ

モノは、物理的に存在し、目に見えるものであり、空間上どこかの場所に、ある時点で存在するものを指す。生産現場に存在する製品や部品、設備や治工具など、すべてモノとなり得るが、ここでは活動の具体的な操作の対象のみを指す。

情報

情報は、役者が行うなんらかの意思決定のために必要な内容を表現したものである。情報は常にフィジカルな世界における活動に関係づけられる。現実には、紙やボードや表示機器などの物理的なモノが媒体となるが、ここではその表示された内容を指す。

一方で、サイバー世界に存在する要素として、以下の4つを定義する。

サイバーサービス(service)

サイバーサービスは、これまで役者がおこなっていた活動をサイバー側で行う場合に、役者に代わる存在として、その一部を置き換えたものである。実際には、デジタル技術をもちいてプラットフォーム上で動くソフトウェアによって実現される。

サイバー処理(process)

サイバー処理は、サービスを構成する機能の単位であり、フィジカル世界では活動に相当していたものである。処理は、データを入力および出力とし、また、事前の状態と事後の状態

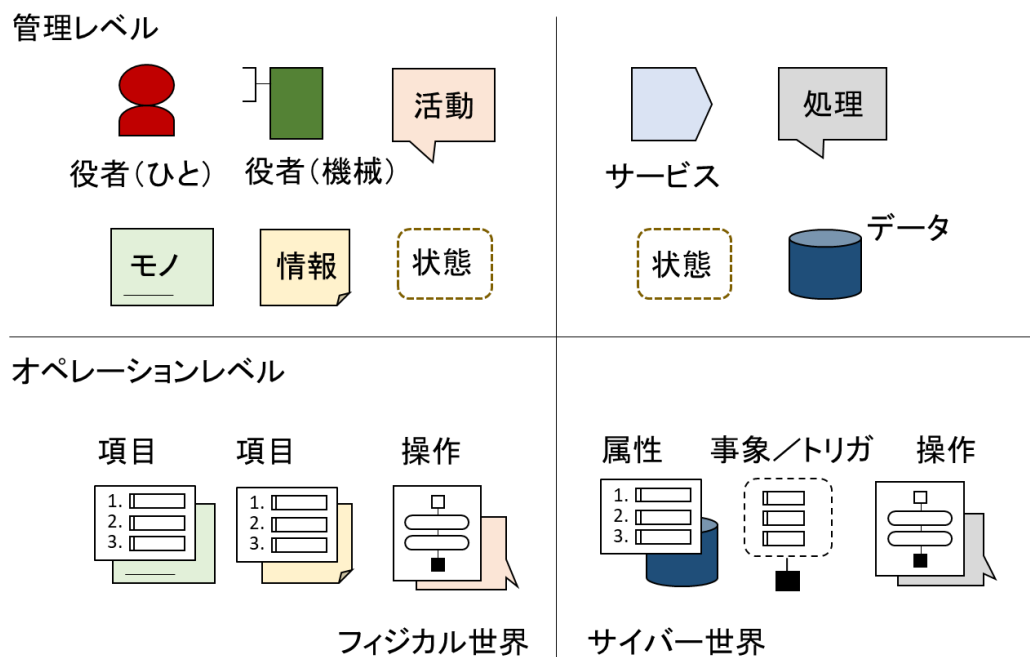
271 によってその機能が定義される。

272 データレコード(data)

273 データは、サイバー世界において、フィジカル世界におけるモノや情報の内容を表す単位で
 274 ある。実際には、1つのデータは複数の属性によって構成され、それらの属性に値（定性・
 275 定量）が入ったものである。処理の入力や出力となり、また一部のデータは、モノや情報と
 276 対応づけることができる。

277 サイバー状態(condition)

278 サイバー状態は、サイバー世界において、データがもつ属性の値に応じてその区分が決定さ
 279 れるものであり、時々刻々変化する。状態がもつ区分は、さまざまな処理の内部でのロジッ
 280 クに用いられるほか、処理そのものの実施や、フィジカル世界に対する通知などにおいて、
 281 その起動を促すトリガーとしても利用される。



282 図 6 シナリオの定義要素のアイコン

283 なお、業務シナリオの構成要素のほとんどは、IVRA における活動レイアに属したものであ
 284 るが、一部についてはオペレーションレイアにまたがっている。以下は、オペレーションレ
 285 イアに属する要素となる。
 286

287 操作(operation)

288 操作はフィジカル世界における役者の活動、あるいはサイバー世界で定義されたサービス
 289 における処理の内容を表現する単位である。フィジカル世界の場合は、活動操作と呼び、サ

290 イバー世界では処理操作と呼ぶことで区別する場合もある。

291 **項目(property)**

292 項目は、フィジカル世界におけるモノまたは情報がもつ具体的な内容を表現するための単
293 位である。モノの場合は、モノ項目と呼び、情報の場合には情報項目として区別する場合も
294 ある。項目は、活動操作によって、その内容が変更になる。たとえば、あるモノを持ち上げ
295 ると、その位置（高さ）という項目の値が変更となる。

296 **属性(attribute)**

297 属性は、サイバー世界におけるデータの内容を表現するための構成要素である。データ属性
298 と呼ぶ場合もある。1つのデータには1つ以上の属性が定義され、その値によってそのデー
299 タが具体化される。属性の値は、処理操作によって設定または変更される。また、属性の値
300 の組み合わせによって状態の区分が変更となる。

301 **事象(event)／トリガ(trigger)**

302 事象は、あらかじめ定義されたコトであり、状態や処理の中で指定される。たとえば、サイ
303 バー空間上で定義された温度がある一定の閾値を超えたという事象など。また、事象のなか
304 で、特定の処理をスタートさせるものをトリガと呼ぶ。

305 **サイバー世界とフィジカル世界の関係**

306 サイバーフィジカルシステム（Cyber-Physical System）とは、生産現場のようなフィジカル
307 世界と、デジタル化されたサイバー世界とが、混然一体となったしくみをいう。ここでのポ
308 イントは、オペレータを介したデジタル化に加えて、IoTによりモノから直接データを取り
309 出すことが可能であり、また逆にサイバー側からモノにダイレクトにデータを送ることが
310 可能となった点である。役者や活動、そしてモノや情報で構成されるフィジカル世界と、デ
311 ータやサービスで構成されるサイバー世界が、相互につながった業務シナリオの一部を図
312 7に模式図的に示す。

313 ここでは、フィジカル世界におけるモノと情報のなかで、サイバー世界のデータとつながっ
314 ているものを、デジタルマーク（データを表す小型のアイコンを付与）を付けて識別してい
315 る。情報にデジタルマークが付与されたものは、表記機器などのデバイスに相当する。一方、
316 モノにデジタルマークが付与されたものは、いわゆる IoT デバイスに相当し、現場のモノ
317 から直接データをサイバー空間に送っているのが特徴となる。

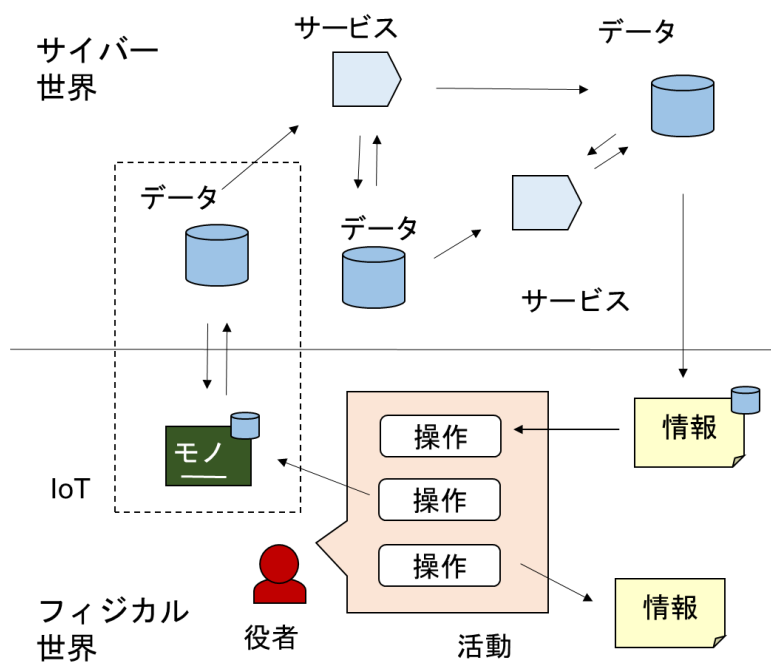


図 7 サイバー&フィジカル連携

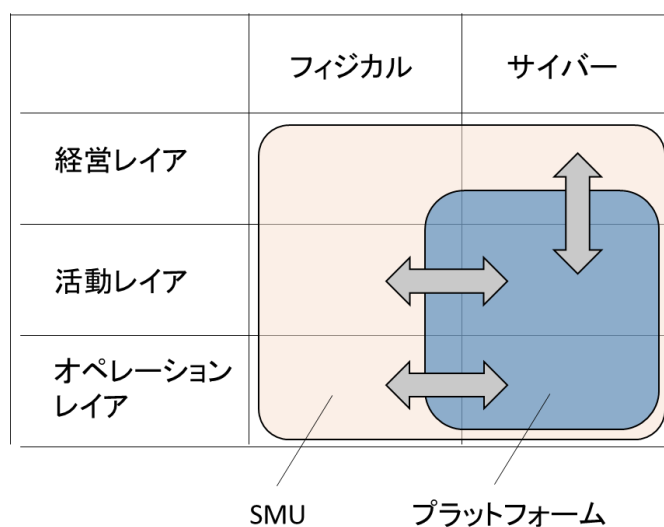
322

323 第3章 プラットフォーム参照モデル

324 プラットフォームの位置づけと階層

325 プラットフォームは、IVRA の中で、図に示すように、活動レイアとオペレーションレイア
326 におけるサイバー世界の部分を受け持つ。製造業の生産現場において、さまざまな実際の活
327 動は、デジタル技術を活用するおとで、サイバー世界に置き換え、サイバー世界側で処理す
328 ることができる。

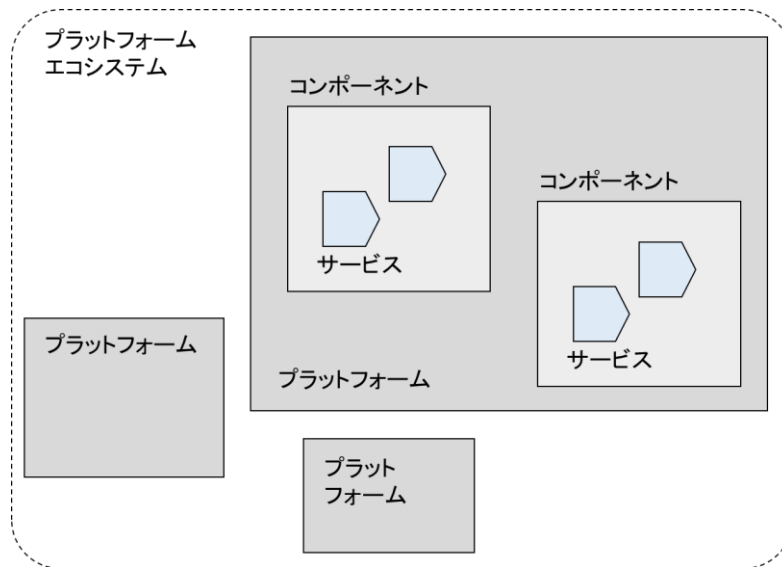
329 プラットフォームは、業務シナリオにとって、サイバー世界を効果的に利用するためのしく
330 みとして定義できる。したがって、プラットフォームのユースケースは、業務シナリオがサ
331 イバー世界にあるデジタル技術をどのように活用するか、あるいはデータをどのように活
332 用するかといった活用形態を示すものとなる。



333

334 図 8 プラットフォームの位置づけ

335 IVRA のサイバー世界に位置づけられるプラットフォームを、そのシステム粒度あるいは階
 336 層の視点で見た場合には、以下のような階層が存在する。



337

338

図 9 プラットフォームの階層

339 プラットフォームエコシステム

340 最も上位に位置づけられるのは、プラットフォームエコシステムである。これは、異なるプ
 341 ラットフォームから構成され、それらのプラットフォームが何らかの関係によってゆるや
 342 かにつながっている状態を指す。プラットフォームエコシステムにおける各プラットフォ
 343 ームは、その構成要素ではあるが、コントロール可能な関係にはないため、各プラットフォ
 344 ームの自律的な意思決定のもとで、全体としてのエコシステムが構成される。なお、エコシ
 345 ステム間の連携については、現時点では想定していない。

346 プラットフォーム

347 プラットフォームは、何らかのルールや規約などにより、あらかじめその内部におけるコン
 348 ポーネントの相互運用性を保証しているか、あるいは支援している単位である。プラットフ
 349 ォームの管理者（プラットフォームャー）は、そのプラットフォームに参加するコンポーネン
 350 トを集め、同時にそのプラットフォームを利活用して実際のものづくりを営むユーザを集
 351 めるサービスを提供するという2つの側面をもつ。

352 コンポーネント

353 コンポーネントは、あらかじめ設計され製品として提供可能なレベルのソフトウェアおよ
 354 び必要なハードウェアで構成される。コンポーネントはそれ単独で何らかの機能をもって
 355 おり、ユーザに対してその機能を提供することも可能であるが、多くの場合、その機能を実
 356 施するために他のコンポーネントとつながる必要がある。

コンポーネント間の連携は、まさにプラットフォームの存在意義そのものでもあり、プラットフォームのレベルで議論する。これは、本仕様書の○章にて解説する。

サービス

サービスとは、コンポーネントを構成するソフトウェアであって、直接的または間接的に顧客に対して価値を提供する単位である。サービスの連携は、コンポーネント内であれば、あらかじめコンポーネントで定義されたものとして提供されることになる。

コンポーネントのカテゴリ

プラットフォームとは、つながるものづくりを実現するためのサイバー側のしくみである。プラットフォームを構成するコンポーネントとして、以下の4種類がある。これらは厳密に言えば、コンポーネントを構成するサービスの種類であり、それらはそれらのサービスを提供する機能の種類ともいえる。

デバイス(IoT device)

デバイスは、フィジカル世界とサイバー世界との境界に位置し、業務で必要なモノや情報と、サイバー側で利用されるデータとの間で変換を行う。フィジカル世界からサイバー世界への変換と、その逆がある。

アプリ(application)

アプリは、業務でおこなうべき機能を、サイバー世界で代替する。1つ以上のサービスによって構成される。データを入力とし、データを出力とする変換機能としても定義できる。

ツール(service tool)

ツールは、サイバー世界において、デバイスやアプリがその機能を効率的かつ的確に行うための2次的な機能をもつ。デバイス固有の2次機能。アプリ固有の2次機能は除き、異なるデバイス間、アプリ間で共通する2次機能。構築ツール、診断ツール、変換ツール、最適化ツールなど。

インフラ(Data infrastructure)

インフラは、サイバー世界において、データを蓄積保存し、そして必要に応じて取り出す機能、およびデータを異なる地点間で移送するための機能を持つ。また、これらの機能を実現するための2次的な機能も含む。

サービスを構成するオブジェクト

SMUでは、フィジカル世界とサイバー世界とが一体となってつながるものづくりを実践す

る。サービスを構成する処理やその対象となるデータおよびデータ属性は、フィジカル側にある、役者やモノ、情報と関係づけられる。これらのサイバー側のオブジェクトとフィジカル側のオブジェクトの関係を図 10 にしめす。

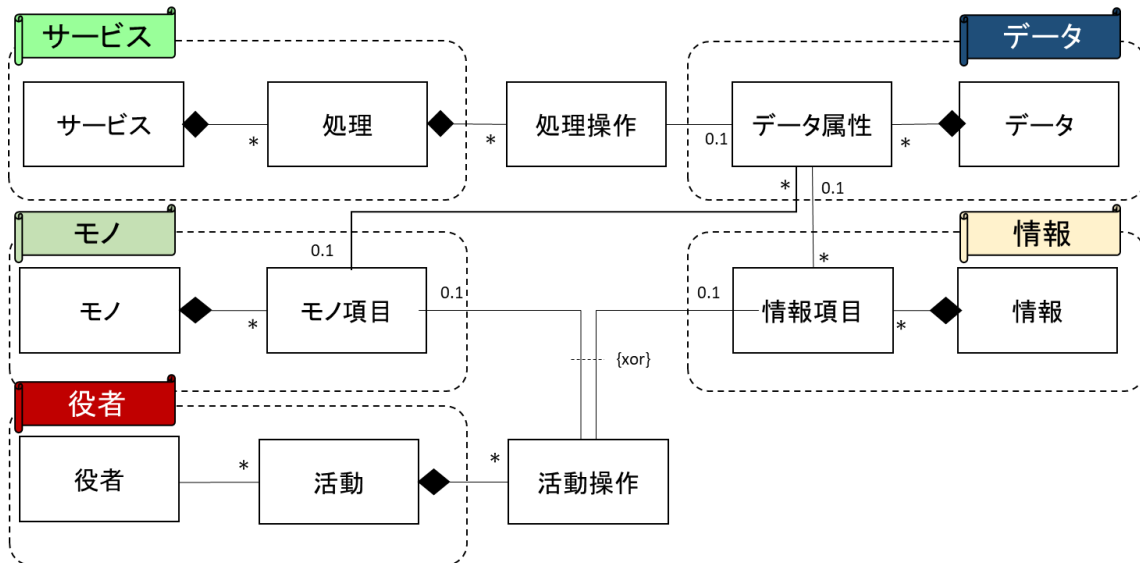


図 10 シナリオ要素のオブジェクト図

サイバー世界の要素とフィジカル世界の要素は、このように、データ属性とモノ項目、あるいはデータ属性と情報項目との関係で示す。また、以下の図に示すように、事象をベースとしたトリガでもつながっている。

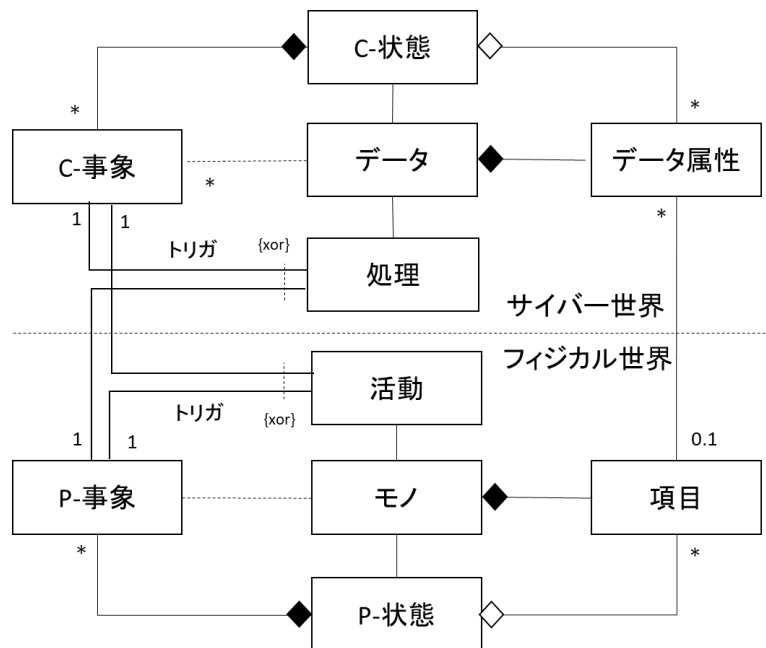


図 11 サイバー世界とフィジカル世界の関係

396

397 システム連携の階層と方式

398 サイバーフィジカルシステムは、生産現場のフィジカル世界と、プラットフォームを中核と
399 してサイバー世界とが、相互にその機能を補完しあい、つながるものづくりを実現する。そ
400 こではさまざまなレベルのシステムが相互に連携することで、個々のシステム単独ではな
401 しえないより上位の問題を解決するシステム・オブ・システムズ（System of Systems）であ
402 る。

403 システム間の連携において、連携対象の粒度（階層）によって、以下のようにレベルごとに
404 区別して議論する。

405 サービス間の連携

406 サービスはその利用者であるフィジカル側のユーザ、あるいは上位となる経営レイアのユ
407 ーザにとって、その結果が評価可能な単位である。このレベルの連携は、個々のコンポーネ
408 ントが管理する。

409 コンポーネント間の連携

410 コンポーネントは、複数のサービスが密結合した単位で、その提供者があらかじめ想定した
411 範囲内で相互接続が保証されている。したがって、コンポーネント間の連携は、それらを
412 理容するユーザが行うか、プラットフォームが請け負う。

413 プラットフォーム間の連携

414 プラットフォーム間の連携は、中核となる管理機能をもたない自律分散型のしくみとなる
415 場合が多い。したがって、基本的にその連携が正しく行われる保証はない。ただし、統一的
416 なルールや規約、連携手順などを合意したプラットフォーム間で、エコシステム的に連携す
417 ることは可能である。

418 コンポーネントが相互に連携するための方式として、密結合方式と疎結合方式の2種類の
419 方式がある。

420 1)密結合方式(tight coupling inter-operation)

421 密結合方式は、API（Application Interface）およびSDK（Software developer's Kit）をもち
422 いて、相互のサービスを直接相手側から起動し利用する方式である。密結合の場合は、より
423 高速で高性能な連携が可能となるが、一方のコンポーネントにおいて、将来的に機能拡張が
424 あった場合など、保守性に問題がある。

425 2)疎結合方式(loose coupling inter-operation)

426 疎結合方式は、コンポーネント間の結合の度合いを緩めることで、相手側の将来的な機能拡

張による影響を最小限に抑えると同時に、自身の機能拡張も可能とする方式である。より下位の実装レベルの API のプロトコルは、すでに普及している汎用的なものに限定し、そのうえで、その意味的な利用方法をプロファイルによって記述する。

プロファイルの種類と内容

プラットフォームは、コンポーネント間の相互運用性を高めるためのしくみであるが、構成するコンポーネントが疎結合型でつながるためには、コンポーネントプロファイルが必要となる。また、コンポーネントがプラットフォームを超えてつながる場合には、そこで交換されるメッセージに対応するプロファイルも必要となる。以下の図 12 に、連携のためのプロファイルの位置づけを整理する。

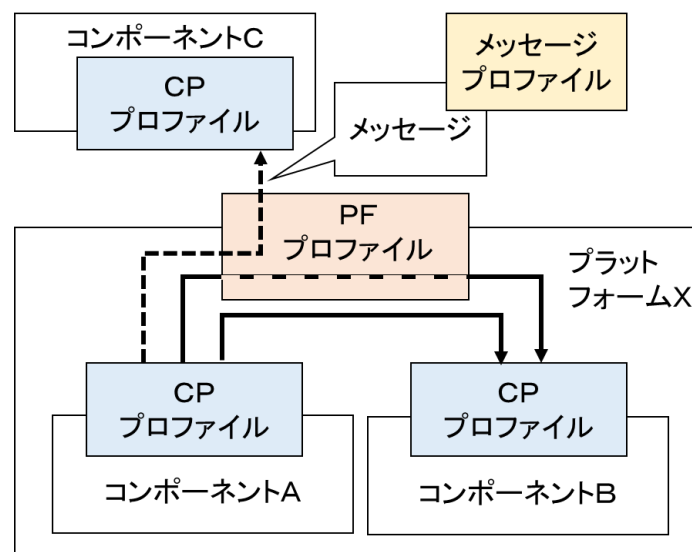


図 12 プロファイルによる連携

コンポーネントの連携に関するプロファイルを整理すると、以下の3つとなる。

1) プラットフォームプロファイル (Platform Profile)

プラットフォームプロファイルは、プラットフォームの内容を示すものである。これは、プラットフォームを構成するコンポーネントに対する内側プロファイルと、プラットフォームの外側に対する外側プロファイルがある。

2) コンポーネントプロファイル (Component Profile)

コンポーネントプロファイルは、コンポーネントのサービス内容や必要となるデータの内容などが記述される。コンポーネントプロファイルは、システム連携のしくみを構築する開発者担当者が理解可能な形で、個別モデル辞書、あるいは共通モデル辞書にのっとして記述

447 される。

448 **3)メッセージプロファイル(Message Profile)**

449 メッセージプロファイルは、送信側から受信側へ送られるメッセージについて、それがその
450 状況から切り離されて管理されてもよいように、そのメッセージの内容や送信されている
451 状況に関係する内容を示す。

452 プラットフォームプロファイル、コンポーネントプロファイル、そしてメッセージプロファ
453 イルは、その内容として、それぞれ以下に示すコンテンツを持つ。

454 **サービスプロファイル(Service Profile)**

455 サービスプロファイルとは、コンポーネントがもつサービスに関する内容を記述したもの
456 である。サービスの内容、ユースケース、サービス利用にあたっての制約、権限などの情報
457 が含まれる。

458 **データプロファイル(Data Profile)**

459 データプロファイルは、コンポーネントが入出力するデータ、メッセージに含まれるデータ
460 の構造や項目を記述する。データプロファイルは、そのレベルによって、個別データ辞書、
461 あるいは共通データ辞書の内容が利用される。

462 **通信プロファイル(Communication Profile)**

463 通信プロファイルは、コンポーネントが他のコンポーネントのサービスを利用する場合に、
464 データ交換のタイミングや手順、認証やエラーの対応など、広義の通知プロトコルに相当す
465 る部分を記述する。

466 **セキュリティプロファイル(Security Profile)**

467 セキュリティプロファイルは、内容や利用に関する権限、オーナーシップ、暗号化、およそ
468 の他のセキュリティに関する内容が記述される。

469

第4章 ものづくり連携のためのフレームワーク

SMU連携の基本単位(PLU)

ものづくりを実行する基本単位である SMU は、単独では最終的な価値を形成することはできない。製品軸、サービス軸をたどり、SMU のその場、その時の活動は、最終的なその利用者のもとにとどいて価値のチェーンが完成する。SMU 連携は、異なる理念や価値観をもった異なる事業者であっても、こうした価値チェーンを形成し、効率的かつ効果的に価値連鎖を実現する。

SMU は、フィジカル世界において、物理的、空間的な拠点をもっているため、SMU 間の連携では、特にフィジカル世界に属するモノや情報を輸送する必要がある。こうしたフィジカルなモノや情報の移動は、同時にサイバー世界におけるデータやお金の移動とセットとして管理されなければならない。SMU 間のこうしたモノ、情報、データ、そしてお金の移動を管理する単位をスマート移送単位 (Portable Loading Unit: PLU) と呼ぶ。

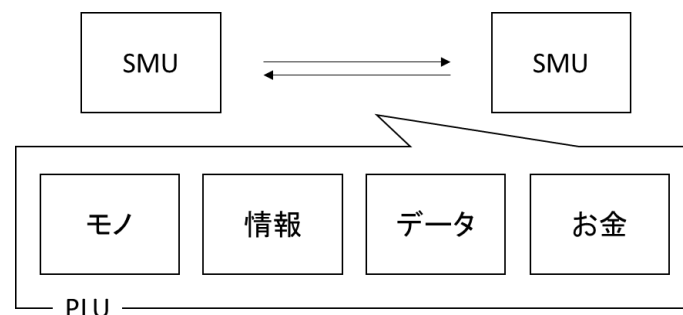


図 13 PLU による連携管理

PLU は、経営レイアにおいては、SMU 間で製品やサービスを交換する経済的取引に相当し、企業などの事業者間での連携とあわせて、企業内であっても、事業部単位、工場単位、さらにはグループ単位であっても、プロフィットセンターとしてみなされる場合は、それら

489 の間でのモノや情報のやりとりを PLU で管理してもよい。

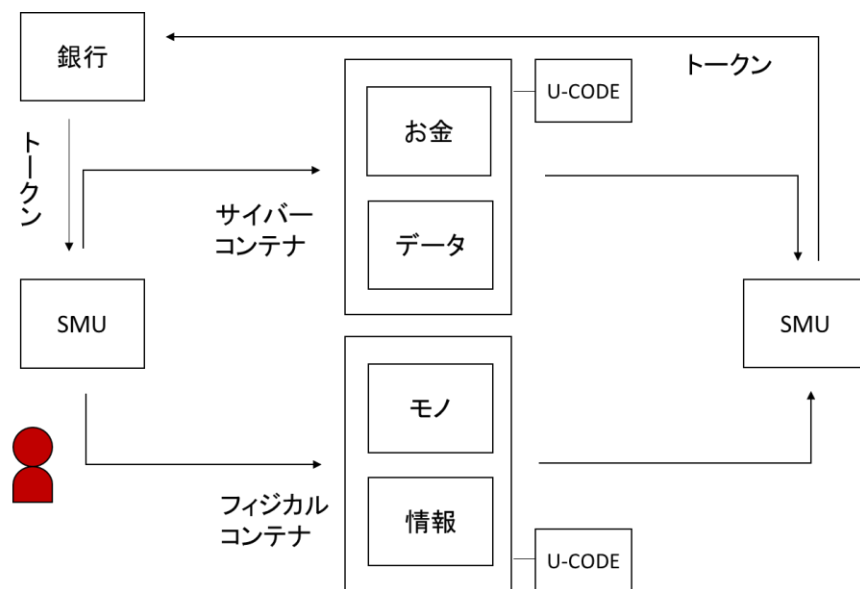
490 PLU を用いることで、それらの移動をセキュアに行うことができ、同時にそれらの移動履
 491 歴が中立的に把握できるため、トレーサビリティの向上による価値の移動が客観的に管理
 492 可能となる。

493 オープン連携の基本構造

494 PLU は、サイバー世界における SMU 間の移動と、フィジカル世界における移動を対応づ
 495 けて管理する単位であるが、それらは異なる経路をとる。フィジカル世界における物流は、
 496 ロジスティクス業者が日常業務として行う活動の大半がそれに相当する。これらは、フィジ
 497 カルコンテナによって管理される。一方で、サイバー世界では、サイバーコンテナで管理さ
 498 れ、これらがそれぞれ PLU として設定された統一的な ID である U-CODE によって対応
 499 づけられる。

500 また、PLU は、価値の移動でもあるので、サイバーコンテナとフィジカルコンテナが移送
 501 先において対応づけられた時点で、価値の移動が確定され、トークンによって仮想通過が交
 502 換されるしくみとなる。

503



504

505 図 14 PLU の移動のしくみ

506 フィジカル世界における PLU の移動は、物理的な制約や、各国、各地域の制度、そして各
 507 企業のビジネス的な制約により、荷積地から荷受地までの間に、いくつかの中継地が存在す

る場合が一般的である。こうした中継地も、ここでは SMU として定義し、活動レイアにおいて役者、モノ、情報、そして活動といった基本要素とその関係が定義できる。

中継地をふくめ、PLU の移送に関係するすべての SMU は、その出荷と入荷を、各拠点の接続管理サーバ（Local Connection Server: LCS）によって管理し、その内容をトレサビサーバ（Traceability Server）に都度送信する。LCS は、荷積地と荷受地では、サイバー側のコンテナも扱い、それらをセットでトレサビサーバへ送信するが、それ以外の中継地の SMU では、サイバーコンテナ（PLU-C）とフィジカルコンテナ（PLU-P）は別ルートとなる。

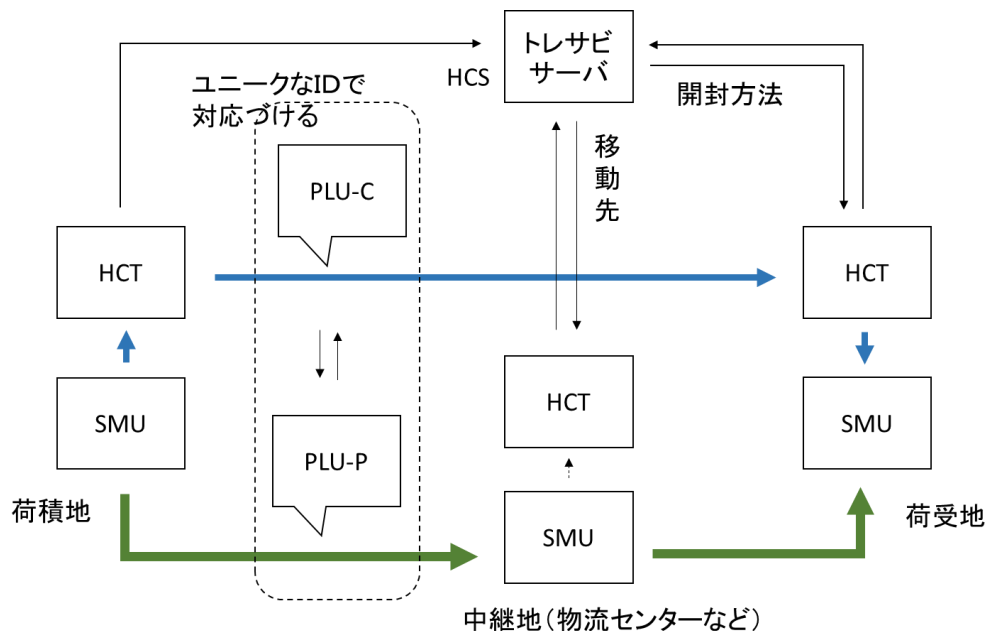


図 15 LCS によるトレサビ管理

ビジネス的な観点からすると、各中継地および荷受地において、LCS を経由して受け取り事実が確実にトレサビサーバに送れる保証はない。IoT 技術の進歩により各現場のデジタル化のコストが下がっているが、そうであってもそのコスト負担に見合う便益がなければ実現しない。したがって、PLU による SMU 連携のしくみは、銀行の決済システムと連動して、中継または荷受けの事実を報告しなければ商取引が成立しないしくみとする。

ハイパー連携サーバの構成

PLU のサイバー世界における移送のためには、サイバー世界における SMU 間の連携の基点となる HCT（Hyper Connection Terminal）は、それぞれの SMU における PLU の基点、中継点、そして終点として、それらの活動を直接管理する。

これに対して、ハイパーコネクションサーバ（HCS）は、HCT が相互に PLU-C を送受信

するための機能として、通信履歴サーバ(トレサビサーバ)、認証サーバ、U-CODE サーバ、そして共通辞書サーバで構成される。

認証サーバ

認証サーバは、各 HCT の認証およびその配下にある SMU、さらにはその内部にあるサービスを登録し、PLU 連携の基点となるサービスと、終点となるサービスの ID を管理する。また、データ暗号化のための公開鍵もあわせて管理される。

トレサビサーバ

トレサビサーバには、サイバー空間上での PLU の移動のすべての履歴、そしてフィジカル空間上での移動のすべての履歴が保持される。履歴には、送信元と送信先、そして送信されたデータ内容が特定できるように設定される。

U-CODE サーバ

送信元から送信先へ送る PLU の追跡や、送信後のトレーサビリティーのために、すべての PLU は送信時にユニークな ID を U-CODE サーバから取得し、その ID を PLU に付与する。U-CODE サーバは、グローバルにユニークであることを保証するために、サーバー間で連携し、重複がないようなくみとなっている。

共通辞書サーバ

生産現場で利用されている用語は、ヘテロジニアス(異種、異質)なものである。したがって、コンポーネントやプラットフォームのレベルで、そうした用語に対応するシステムで用いられている用語もまた、ヘテロジニアスであり、それぞれ存在する。共通辞書サーバは、こうした各辞書と、それらを共通化した辞書を管理する。

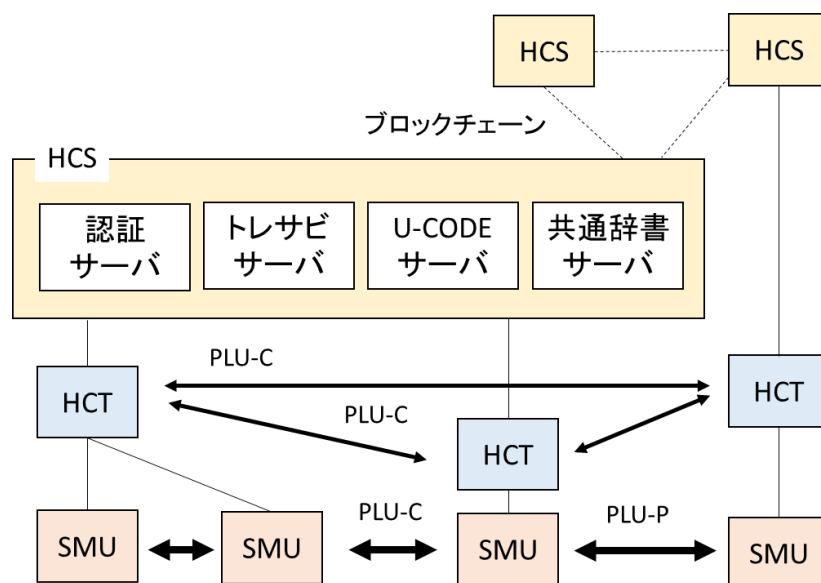


図 16 HCS の構造

549 HSC は、唯一のサーバではなく、複数のサーバによる分散管理される。認証サーバがもる
 550 HCT や SMU のリスト、トレサビサーバがもつ取引履歴、U-CODE サーバがもつ発行済み
 551 コード情報、そして共通辞書サーバの辞書情報などは、ブロックチェーンによって分散管理
 552 される。

553 ゆるやかな標準による辞書管理

554 各プラットフォームでは、その内部のコンポーネントの連携をより確実にし、新しいコンポ
 555 ーネントの追加を容易にするために、共通データ辞書を作成する。ただし、こうした共通デ
 556 ータは、さらに、各コンポーネントの更新、あるいは新規のコンポーネントの追加により、
 557 定期的に更新されることがある。

558 ゆるやかな標準とは、あらかじめデータ辞書を確定せずに、ボトムアップなアプローチで現
 559 状のコンポーネントの実態から共通化し、出来上がった時点で一時的に確定する。しかし、
 560 その内容がさらにシステムの利用が進み、業務そのものも進化した場合に、いったん確定し
 561 たデータ辞書を再度見直し更新する。

562 データ辞書の更新のサイクルは、通常、半年から1年くらいであるが、そのサイクルを整理
 563 すると大きく4つのステップとなる。

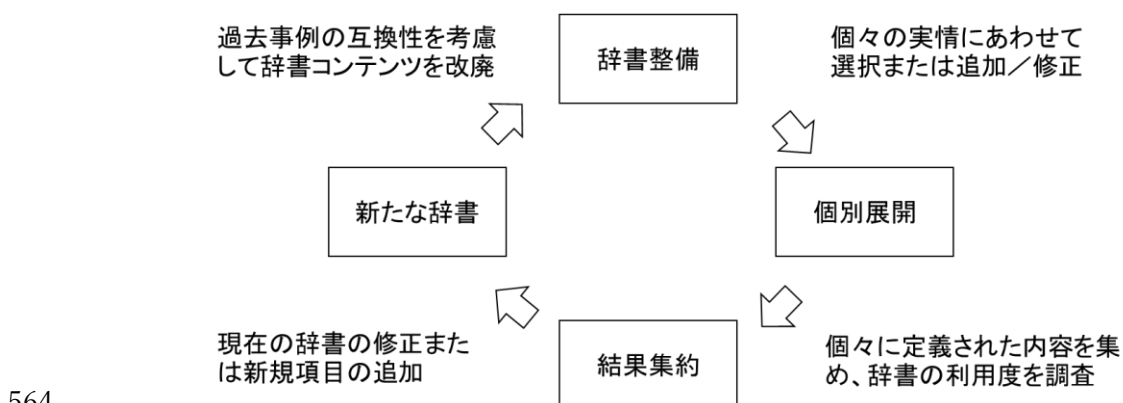


図 17 データ辞書の更新サイクル

566 ある時点で登録されたデータ辞書は、個別のモデルを記述する際に、適切なものが選択され
 567 るが、過不足がある場合には、必要に応じて追加・削除される。こうした差異が、すこしづ
 568 つ蓄積され、これによって、よく利用されるものが残り、不足していた重要なものが追加さ
 569 れ、そしてあまり利用されていないものは削除された新たな辞書が提示される。

570 実際には、すでに利用しているデータ辞書を新しいデータ辞書に変更することで、過去のシ
 571 ステムとの互換性の観点から問題が発生する場合もある。そうした問題が発生しないよう

572 に、システム的な対応によって進化するしくみとする。特に、プラットフォーム間の連携に
573 おける統合データ辞書の管理では、こうした辞書のメンテナンスのしくみが重要となる。

574

575