

ものづくりバリューチェーンの参照アーキテクチャー Industrial Value Chain Reference Architecture (IVRA)

インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ

目次

第1部：参照アーキテクチャー	1
スマートものづくり単位 (SMU).....	1
製造業のジェネラルファンクション	4
自律的な現場の「つながる化」	6
第2部：ものづくりのためのプラットフォーム.....	8
フィジカル世界における業務シナリオ	8
サイバー世界とフィジカル世界の統合	9
つながるためのプラットフォーム構造	10
第3部：エコシステムのフレームワーク.....	11
複数のシステムからなるシステム	11
ゆるやかな標準でつながる方法	12
エコシステムの成長のしくみ	13

第1部：参照アーキテクチャー

スマートものづくり単位 (SMU)

スマート製造、あるいはスマートなものづくりとは、自律的なものづくりの組織単位が、相互に通信し、連携しあうことで、ニーズの個別性、多様性に対応しつつ、同時に生産性、効率性を飛躍的に高めるしくみである。

こうしたものづくりを行う自律的な単位を、ここでは、スマートものづくり単位 (SMU: Smart Manufacturing Unit) と定義する。SMUは、以下に示すように、資産の視点、活動の視点、そして管理の視点の3つの視点をもつ。SMUは、自ら問題を発見し、改善するために、人の要素をその内部に持っている点が大きな特徴である。

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。

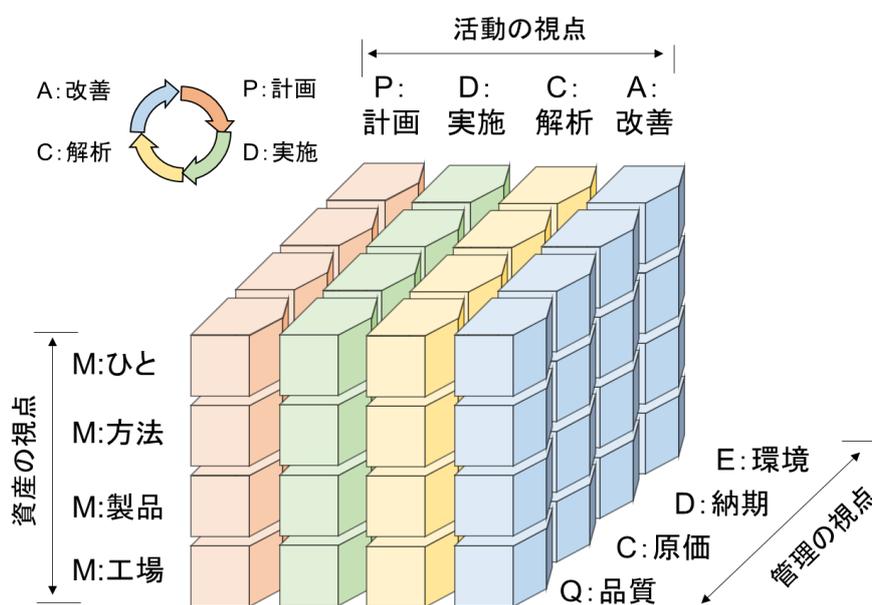


図1: スマートものづくり単位 (SMU) の3つの視点

■ ひと (huMan / Personnel)

多くの生産現場に存在する人は資産である。人は作業員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関わらず第三者への指示や、意思決定を行う。

■ 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、ものづくりの資産である。

■ 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費される資材などは、資産である。その他、部品や構成部品など、最終的に製品の一部となるものはすべて資産として扱うことができる。

■ 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であり、これらはすべて資産である。

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。

■ 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。

管理の視点

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。

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、そして環境管理といった管理のクラスが存在する。

■ 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。

■ 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い。

■ 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、その場所、納入方法などいかに対応できるかが議論される。

■ 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。

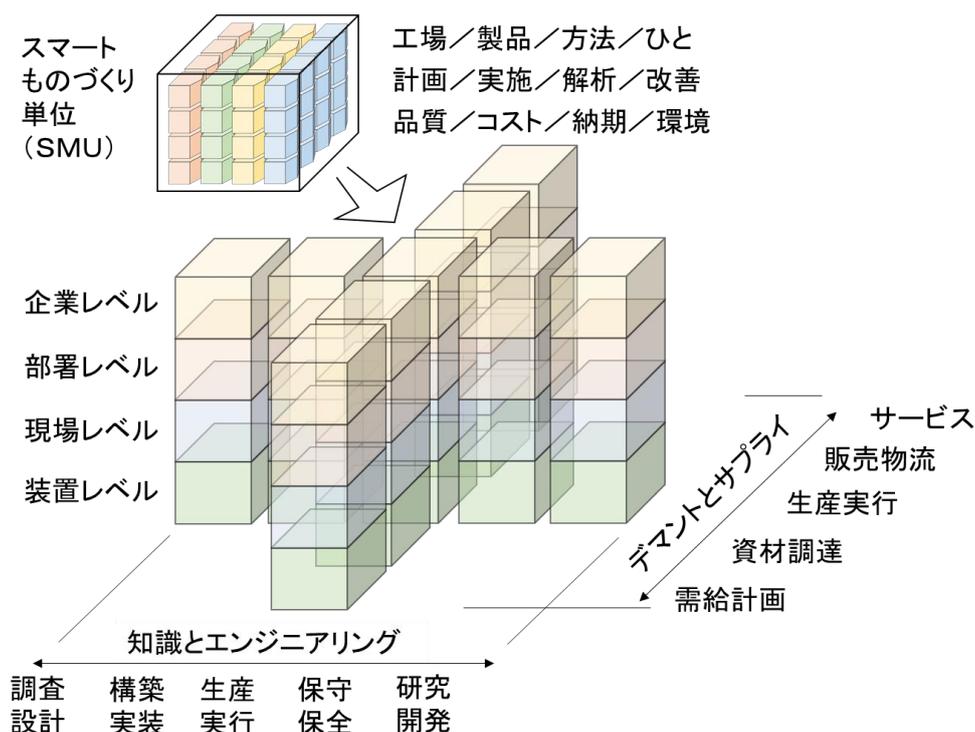


図2: 製造業を構成するジェネラルファンクションブロック (GFB)

製造業のジェネラルファンクション

製造業を全体としてとらえた場合、企業活動は、デマンドとサプライによるチェーンの流れと、エンジニア情報や知識の流れの2つの流れの交差の中で、いくつかの一般的な組織機能の単位でとらえることができる。また、個々の活動は、それが対象とする業務の企業における範囲に応じて、いくつかの階層レベルが存在する。

これらの3つの軸を掛け合わせることで、スマートなものづくり全体を、図2に示すように、製造業全体の視点からそれぞれのジェネラルファンクションブロック（GFB: General function block）の組み合わせとしてとらえることができる。

知識とエンジニアリングの流れ

製造業全体をエンジニアリングの視点で見た場合、設計情報などの知識やエンジニアリング情報の流れは、調査と設計、構築実装、生産実行、保守保全、研究開発といった一般化機能に分けることができる。こうしたエンジニアリングおよび知識の流れは、生産実行において、サプライチェーンの流れと交差する。

■ 調査と設計

さまざまなエンジニアリングは、市場のニーズを的確に把握し、新たに実現可能な課題や要素を抽出するマーケティングからスタートする。そして、それらのニーズは、すでにエンジニアリング情報や知識として利用可能な形となっている社内の技術資産を活用して、製品やサービスとして提供可能な形にデザインしていく。

■ 構築と実装

作成されたランドデザインや個別の設計情報をもとに、工場や生産ラインを建設し、個別の需要があったときに実際に効率的な形で生産ができる状態とするために、あらかじめ試作し評価し改良しておく。新規製品に対応した生産ラインの改変、治工具の製作なども、これに相当する。

■ 生産の実行

ここでは、デマンドに対応して実際に生産を実行する。この部分は、デマンドサプライチェーン上の流れと交差しており、同じジェネラルファンクションブロックが対応する。ただし、ここでは実際にエンジニアリング情報や知識を適用するだけではなく、そこでの適用の結果をフィードバックし、より内容を洗練させていく活動を含む。

■ 保守と保全

これは、工場や設備などの資産について、あらかじめ

想定した機能が十分に提供できる状態を保ち、品質やコストや環境といった管理項目について、満足いくものであるかを管理し、必要に応じて修理し改善する。また、人の要素についても、訓練やスキル向上などのさまざまなプログラムはこれに相当する。

■ 研究と開発

研究開発は、エンジニアリングにおける種（シーズ）を新たに提供するものである。新たな市場のニーズやデマンドに直接向き合うのではなく、すでにあったニーズであっても、実際に実現手段がなかったものや、既存の実現手段における課題を抜本的に解決するような要素技術や応用技術を具現化する。

デマンドとサプライチェーンの流れ

素材や原材料から最終製品となって最終ユーザである消費者へ届くまでの流れは、サプライチェーンとして、複数の企業の価値連鎖によって構成されている。これをひとつの企業を単位として切り出すと、図2にあるように、需給計画、資材調達、生産実行、販売物流、サービスといった機能単位に分けることができる。

■ 需給計画

製造業にとって需要と供給をバランスさせ、できるだけ平準化し、安定的な生産を行うことが収益の向上につながる。特に不確実性の高い市場環境においては、生産計画とあわせて、能力計画や在庫計画を需給計画と連動しておこなっていく。

■ 資材調達

工場で製品を生産するには、そのために必要な資材を必要とときに必要な量だけ供給されるようにあらかじめ資材調達を行う。企業はすべての構成部品を自前で生産できないため、協力企業に自社の機能の一部をゆだねるとともに、そうした協力企業との良好な関係を構築することも必要となる。

■ 生産の実行

生産のための資材がそろい、生産のために必要なエンジニアリング情報が整い、そして生産に必要な人や設備、治工具などの資源が準備されれば、生産が開始可能となる。生産実行では、生産指示にもとづき実際に生産を実施し、その結果をさまざまな部署にフィードバックする。

■ 販売と物流

販売は、生産した製品や部品を顧客の要求に対応して提供し収益を得る。多くの場合は、まず顧客の要求が先にある、それに対応した製品を在庫の中から、あ

るいは生産中、生産予定のものなかから割り当てる。工場と需要地との地理的距離は、ロジスティクスによって製品を移送することで対応する。

■ サービス

製品を販売した後に、サービスとして製品の設置や修理、サプライ品の提供や回収、廃棄などを支援する。また、製品を利用した都度、サービスとして課金するようなビジネスモデルでは、利用に関する付加価値提供などもあわせて行う。

組織の階層レベル

スマートなものづくりにおける各一般化機能は、さらに企業の垂直的な階層ごとに異なる機能ブロックとして分解することができる。ここで、企業の垂直的な階層とは、企業レベル、部署レベル、現場レベル、そして装置レベルといった階層構造をさす。

■ 企業レベル

企業レベルとは、企業の全体が見渡せるレベルである。社長の仕事、本社機能として行っている仕事、対外的に統一的な窓口としての仕事、複数の部署や地区を統括する仕事などが該当する。

■ 部署レベル

部署レベルは、企業の一般化機能やそれに類する機能の単位でまとめた組織単位に相当する。組織の単位、組織における評価の単位が部署である場合が多い。

■ 現場レベル

現場レベルとは、生産に限らず、それぞれの作業をフ

ィジカル世界において、実際に行う場所に相当する。対象とするのは、製品であったり、材料であったり、装置や設備であったり、人であったりとさまざまである。

■ 装置レベル

装置レベルは、装置の内部で、実際にセンサーやアクチュエーターによって動作しているしくみのレベルであり、ここでは人よりも機械や制御のウェイトが高い。コントローラや物理的なデバイスなどがこのレベルに存在する。

スマートものづくり単位（SMU）との対応

SMUは、これらのGFBのひとつひとつに対応する場合もあれば、いくつかのGFBのかたまりに対応する場合、あるいはすべてのGFBに対応する場合もある。1つのSMUがどの範囲のGFBに対応するかは、それぞれの企業の実情による。

中小製造業であれば、企業内にすべてのGFBを持ち合わせていない場合があるし、大企業の場合は、より多くのGFBを自社内に持っている。

一方で、企業の単位がSMUとなっているとは限らない。たとえば、同じ企業内であっても、あえて、部署ごとに独立させることで、主体的かつ自律的に活動することを許容している企業もある。

また、各エリアや作業場などの生産現場をひとつのSMUと定義することで、ボトムアップな改善活動を促進し、スマートなものづくりが実現する。

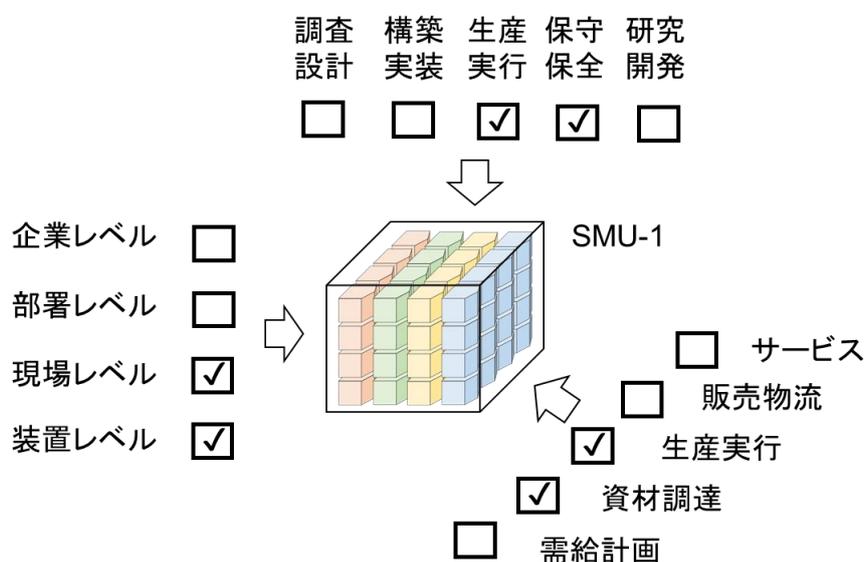


図3: ものづくり構成単位とのマッピング

自律的な現場の「つながる化」

スマートなものづくりが全体として目指すのは、自律的に振る舞う複数の SMU が相互に連携するしくみである。ここで、SMU の連携は、企業内である場合もあれば、企業間である場合もある。一般に、企業間であれば、企業内の連携と比較して、よりセキュアな管理や高度なトレーサビリティが求められる。こうしたことがいを、リファレンスモデルは統一的に扱う必要がある。

また、特に、企業間の場合、売掛、買掛など、お金のやりとりが発生する。こうした流れは、モノの流れ、情報の流れとともに、価値の流れも合わせて管理する必要がある。企業内では、こうしたお金のやりとりはないが、管理上、それを可能とすることで、自律的な企業内 SMU がより主体的に活動することを促すことができる。

スマート移送単位 (PLU)

スマート移送単位 (PLU: Portable Loading Unit) は、SMU 間の連携のために、それらの間を移動するあらゆるものをまとめた単位である。PLU には、モノ、情報、データ、そして価値を含むことができる。これらの資産は SMU 間を移動する場合、サイバー世界とフィジカル世界それぞれで移送が行われる場合があり、それぞれの世界で、さらに対象とするものの特性に応じて分割されて送られる場合がある。PLU は、それらの分割された移送を対応づけまとめて管理する単位

となる。

■ モノ (Thing)

製品や部品、あるいは設備などの工場の一部が、ある SMU から別の SMU に移送される場合に、それらはフィジカル世界におけるモノとして認識される。モノは、物理的な輸送が必要であり、移動のための装置や手段をリアルな世界で確保しなければならない。

■ 情報 (Information)

製品や設備に関する情報、製品を作る方法や設備を操作する方法などは、情報として認識される。情報はそれを表現するための物理的なメディア (帳票、伝票、図面、紙片、カードなど) に記号として表現される。情報機器から得られるメッセージもそれが知覚された時点で情報となる。

■ データ (Data)

あらゆる情報は、デジタル化されデータの形で表現することができる。電子的な記憶媒体を介して物理的に移送されるか、ネットワークを介してプラットフォーム上で移送される。データは完全にサイバーな世界の側に存在し、モノや情報という形で具体化される。

■ 価値 (Value)

モノ、情報、データは、送る側、受け取る側双方で価値をもっているため、それらを移送することで、それに見合う価値が移動しているとみなすことができる。

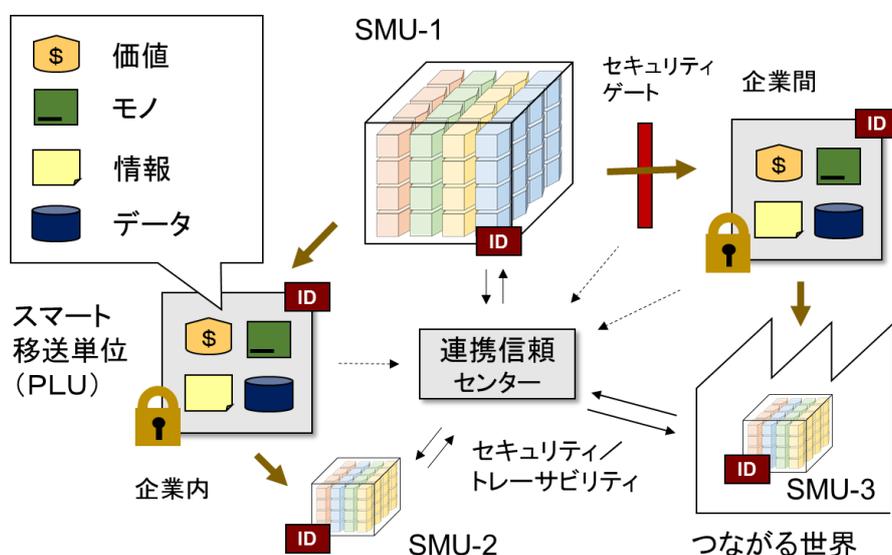


図 4: つながる工場のためのスマート移送単位 (PLU)

価値の移動は無形であり、多くの場合、モノや情報やデータに付随するが、その対価の支払いが逆方向の流れとして存在する。

つながる化を実現するために、連携信頼センター（RCC: Reliable Connection Center）は、SMU間の資産の移動を、PLUの単位で管理する。SMU間の資産の移送は、特にセキュリティとトレーサビリティに重きを置く。

まず、セキュリティとして、送り手、受け手、そして中継者など、移送にかかわるすべての者の認証を行う。

また PLU は物理的およびデジタル的に鍵をかけ、鍵の管理を行うとともに、移送内容がデータであれば、暗号化も行う。特に、価値の移動については、台帳管理をよりセキュアに行う必要がある。

また、トレーサビリティとして、1つの PLU を異なる複数の実体として分割して移送した場合や、時間的に前後する移送の事実を対応づけて管理する。すべての PLU はグローバルに識別可能な管理タグをもつ。これによって、PLU ごとに、その現在位置や状態を管理し、要求された場合はいつでも追跡を可能とする。

第2部：ものづくりのためのプラットフォーム

フィジカル世界における業務シナリオ

サイバーフィジカルシステム（CPS: Cyber Physical System）またはサイバーフィジカル生産システム（CPPS: Cyber Physical Production System）とは、フィジカル世界とサイバー世界が同期し、一体となったしくみである。ここで、フィジカル世界とは、物理的に存在し、目に見える世界を指し、サイバー世界は、デジタル化され、コンピューター上で操作可能な世界を指す。

コンピューターが登場するはるか以前から、ものづくりは実際に行われていたことを考慮し、まずは、フィジカル世界において、ものづくりを記述する。そして、その上で、その一部をサイバー世界に移管するアプローチをとることとする。

SMU 内部では、P:計画、D:実施、C:解析、A:改善といった場面が、さらに場所や状況に応じて詳細化され、さまざまな部署で、さまざまな役者が、日々の仕事に取り組んでいる。これらを、モデルとして記述するに

は、役者と活動の単位で整理する。ここで、活動の粒度をそろえるために、すべての活動は、モノまたは情報に対する操作によって定義できるものとする。

それぞれの場面は、登場人物である役者と、役者の間でやりとりされるモノまたは情報によって記述することができ、さらにそれぞれの役者がどのような活動をしているかを示すことでおよそその仕事の内容を把握することができる。こうしたフィジカル世界の活動の流れは、時間と場所が移り変わることで、ひとつのシナリオとして定義することが可能となる。

図5は、業務シナリオ記述チャートとしてこうした活動の関係を示したものである。この図では、活動を場所ごとに分けて記述しているため、場所間を移動するモノや情報が明らかになる。シナリオ記述では、場面の変遷とあわせて、こうした場面間のモノと情報の流れを明確に記述しておく必要がある。

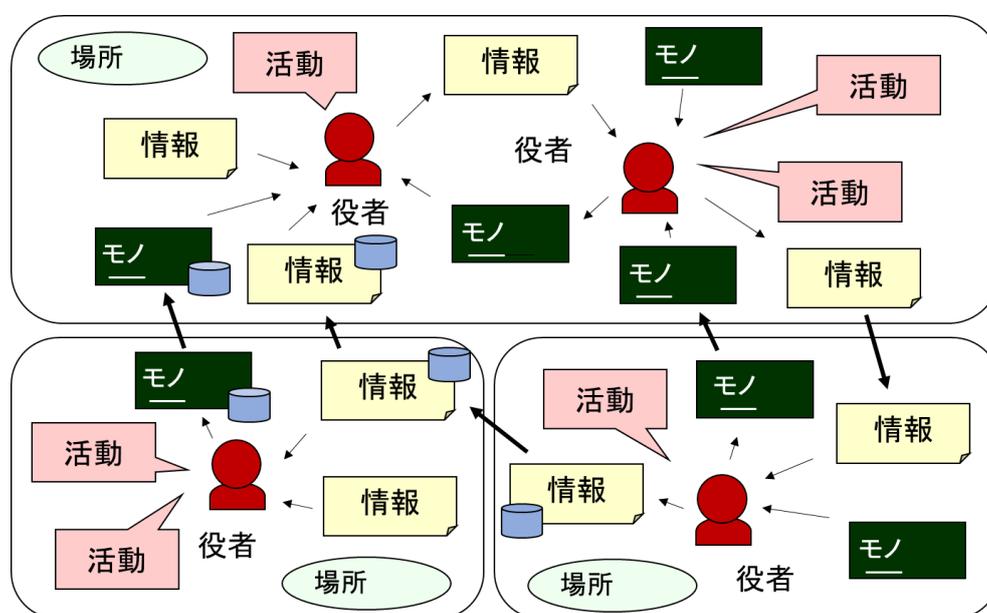


図5：業務シナリオ記述チャート

サイバー世界とフィジカル世界の統合

業務シナリオ記述チャートは、フィジカル世界におけるモノと情報、そして活動の流れを示したものである。ここで図 5 では、いくつかのモノと情報に、シリンダー記号が付いている。この記号は、対象となるモノや情報が、サイバー世界とつながっていることを意味している。つまり、モノであればセンサーやアクチュエーターを内部にもつ IoT デバイスであり、情報であればデータの入力や表示、印刷などを行う ICT デバイスに相当する。

デジタル化されたモノや情報は、データとしてサイバー世界で識別可能となる。図 6 は、フィジカル世界とサイバー世界との関係が、モノや情報を介してつながっていることを示している例である。たとえば、現場の作業者が何らかの意思決定を行う場合、そのもととなる情報が現場のタブレットから得られたものだとする。この場合は、情報を提示したタブレットがサイバー世界とフィジカル世界の接点となる。また、作業者が生産現場で加工を実施した装置が IoT としてネットワークにつながっていれば、その操作内容は、サイバー世界でデータとして処理可能となる。

ひとたび、サイバー世界の側で、フィジカル世界のモノや情報がデータ化されれば、後は余りあるコンピューターの計算パワーとネットワークのデータ蓄積および伝送パワーを使うことができる。したがって、こ

こでは、IoT デバイスや ICT デバイスなどのフィジカル世界のアナログなモノや情報とデジタル技術で可能となったサイバー世界との接点が重要となる。

SMU は、ものづくりの構成要素に人を含んでいる。生産現場の担当者は会社の資産として、同じく資産である工場の特定の設備を利用して、製品、部品に対する操作を行う。このときに必要な情報も、生産方法という資産の一部である。一方で、こうしたフィジカル世界の資産は、IoT デバイスや ICT デバイスによってデジタル化され、データとしてサイバー世界における資産となる。そして、サイバー世界におけるデータは、ネットワークによる接続と、ソフトウェア化されたさまざまな機能によって、さらに付加価値の高いデータとなる。

フィジカル世界とサイバー世界とが相互に関係しあっている個々の企業の個々の現場におけるものづくりの事例を、相互に比較し分析することを可能とするために、表 1 に示すモデリングのための共通的な用語および図法を提供する。

表 1: モデリングオブジェクト

対象世界	モデリング構成要素
フィジカル世界	役者、活動、モノ、情報
サイバー世界	データ、機能、接続

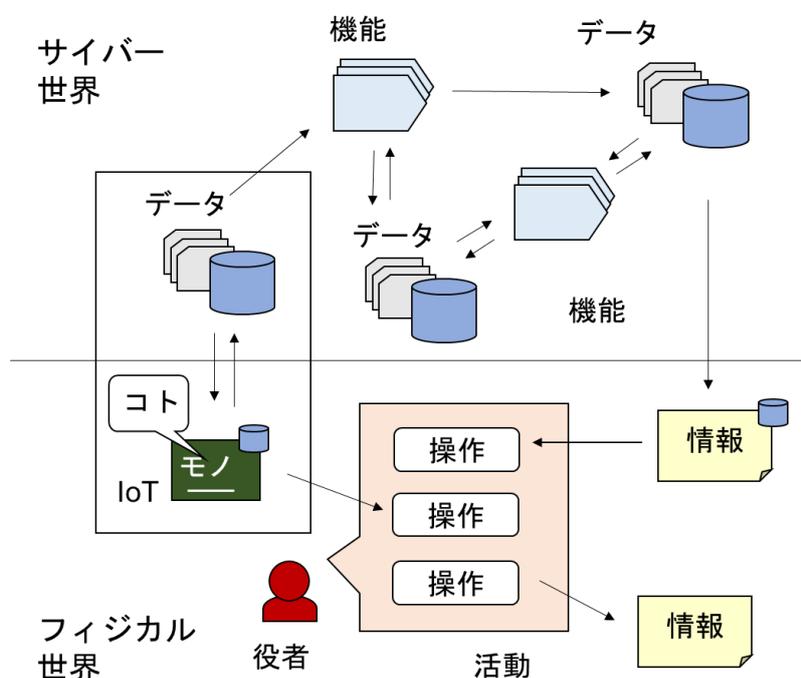


図 6: サイバー世界とフィジカル世界の関係

つながるためのプラットフォーム構造

スマートなものづくりでは、SMU 内部のさまざまな活動が効果的に連携するために、必要な情報が、必要なときに、必要な形で提供されることが望ましい。このためには、サイバー世界において、情報とデータを対応づけ、デジタル形式で記述されたその内容を、必要な時に、必要な場所へ伝送したり、蓄積したりする必要がある。こうしたしくみは、つながる工場のためのプラットフォームとして提供される。

ここで、狭義の意味で、プラットフォームは、異なる業務やシステム間でデータを相互利用するためのしくみと定義する。ここで定義するつながる工場のためのプラットフォームは、インフラ、アプリ、デバイス、ツールといった複数のコンポーネントによって構成される。プラットフォームは、それらのハードウェアおよびソフトウェアを相互に連携させることで、サービスとして最終ユーザにダイレクトに価値を提供する。

■ デバイス

デバイスは、センサー、端末機器、コントローラなど、物理的な振る舞いをするハードをともなった構成要素である。フィジカル世界とサイバー世界をつなぐ役割をもつ。特に IoT デバイスは、デバイスが直接ネットワークにつながり、データを送受信する。

■ アプリ

アプリは、プラットフォームによってデータを交換する必要がある個々の業務を実行または支援するソフトウェアである。アプリは周辺機器として表示装置や

入力装置をともなう場合があり、それらもアプリの範囲に含めてもよい。

■ インフラ

インフラは、通信回線、データベース、回線制御装置など、データの移動、蓄積のために必要となる構成要素である。こうしたネットワークや個別の OS をプラットフォームと呼ぶ場合もあるが、ここでは機能を提供するプラットフォームのコンポーネントとして位置づける。

■ ツール

ツールは、データ形式やプロトコル変換、インテグレーションや運用管理など、共通的な機能を提供する構成要素である。主に、インフラをそれぞれの環境にあわせてカスタマイズするためと、個々のコンポーネント間でデータの形式的、意味的ギャップをうめるために利用する。

以下の図 7 は、デバイス、アプリ、インフラ、そしてツールの相対的な位置づけを、ハードウェア、ソフトウェア、そしてオペレーションのレベルや、ステークホルダとの関係としてまとめたものである。なお、SMU 間をデータが移動する場合には、PLU を用いたデータ連携となる。SMU 間の連携については、RCC が管理し、プラットフォームとしては、連携先が SMU 内部であるか外部であるかを意識しない。もし、データの伝送先または伝送元が、SMU の外部であれば、それに対応した接続ネットワークを選択し、その先の連携を RCC に委託する。

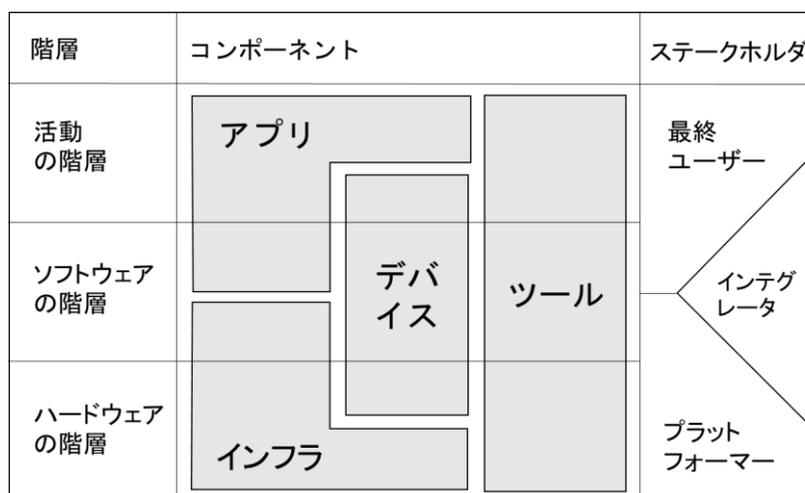


図 7: 4 種類のプラットフォームコンポーネント

第3部：エコシステムのフレームワーク

複数のシステムからなるシステム

スマートなものづくりは、それぞれの SMU における生産が、人、方法、製品、そして工場といった資産を活用し、品質、コスト、納期、そして環境といった評価指標を向上させるために、計画、実施、解析、改善といった活動のサイクルをくりかえし、それらが相互に連携することでその成果を生み出す。これは、広義のシステムである。SMU によるこうしたつながるものづくりを実現するためには、サイバー世界におけるデータ連携を可能とするつながる工場のプラットフォームが必要である。プラットフォームは、複数のコンポーネントによって構成されており、それぞれのコンポーネントは狭義のシステムである。つまり、プラットフォームは、複数のシステムで構成されたシステム (SoS: System of Systems) であり、SMU もまた SoS である。

人工的に設計され製作されたシステムは、その構成要素の種類や特性が、あらかじめ設計した時点で決定されており、基本的に変わらない。これを狭義のシステムと呼ぼう。一方、コンポーネントの集合体であるプラットフォーム、あるいはそのプラットフォームを活用する SMU は、SoS として、その機能が事後的に決定される。従来型の狭義のシステムが、ホモジニアス (同質的) なしくみであるとすれば、SoS はヘテロジ

ニアス (多義的) であり、複数の指標や、相矛盾する価値観が混在する。

つながる工場のプラットフォームでは、こうしたヘテロジニアスな環境の中で、相互にコンポーネントが連携し、SMU 内外のさまざまな活動を連携させるため、共通的で具体的で現実的な取り決めを事前しておく必要がある。たとえば、事前に用語の使い方についての合意のなかった 2 者が会話するとき、おそらく同じ用語で異なる現実をイメージし、話がかみ合わないケースとなる。これを避けるためには、あらかじめ両者の間で、共通の用語とその意味を定義しておき、それぞれがその共通語にあわせるという標準化のアプローチをとる。

しかし、個別性、多様性の時代において、あらかじめ共通的な仕様を列挙することが難しく、あえて共通化することで、かえって品質や生産性を落としてしまう場合。さらに、新規市場の場合などは、これからどのようなニーズが出てくるか誰もわからない場合もある。下手に共通化することで、かえって新しい展開の可能性を摘んでしまう危険性もある。そこで、個々の SMU の自律的な進化を許容するために、ここではゆるやかな標準という考え方を取り入れた。

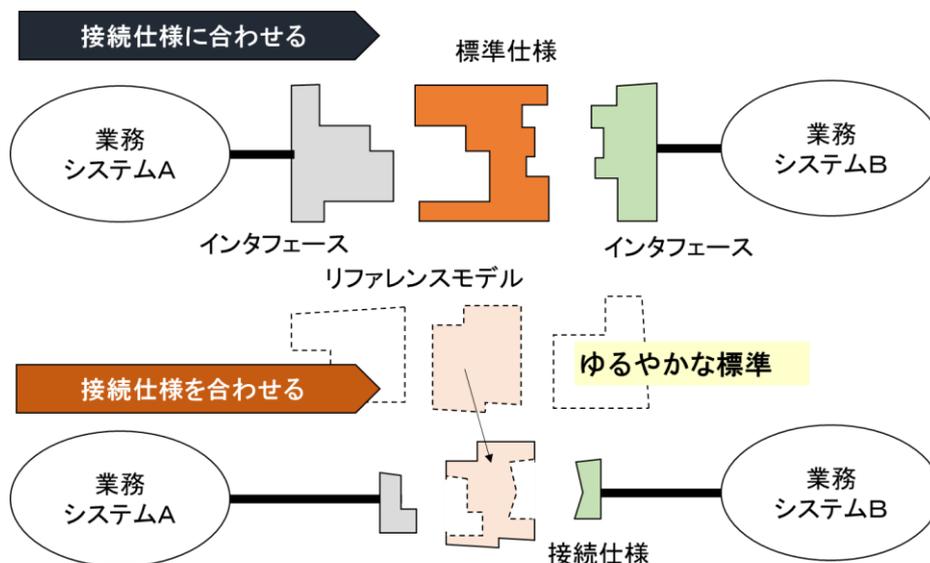


図8: ゆるやかな標準のコンセプト

ゆるやかな標準でつながる方法

ゆるやかな標準では、つながるためにあらかじめ共通の決め事として定義すべき用語やデータモデルを、あえて1つに限定せず、つながる当事者の事情にあわせて設定する手法をとる。つまり、つながるための共通のモデルはそれぞれのグループごとに複数存在する。従来は唯一として定めていた標準モデルを緩和し、ゆるやかな標準では、複数のケースごとに適したそれぞれのルールに従えばよいという形にした。

唯一の共通モデルに従うよりは、実際に関係するメンバーとの間で共通部分を定め、それに従うほうが、よりこれまでのやり方に近い形となる。また、そこで定めたローカルな共通モデルと独自モデルとの差分を埋めるために、多少のプログラミングを行えば、これまで独自におこなってきた内容を変えなくても済む。これは、個々の企業の強みを生かしつつ、協調領域のみにおいて連携するというオープン&クローズ戦略に該当する。

つながるための標準が複数存在すると、その数だけコンポーネント側のインタフェースを用意する必要がある。つながるしくみをボトムアップで構築しようとすると、似通った共通仕様が膨大な数生まれる危険性がある。こうした事態をさけるために、IVI (Industrial Value Chain Initiative) のエコシステムフレームワークでは、図9に示すように、参照モデルの階層構造を利

用し、上位にあるリファレンスモデルをもとに、常にその差分を定義する形で接続仕様を決定する。もし、リファレンスモデルに該当する項目があれば、それを利用しなければならない。

図9では、データモデルの参照関係を示している。最終的な実装形態となるコンポーネントのデータモデルは、上位にあるプラットフォームの連携用データモデルを参照する。つまり、プラットフォームに参加するコンポーネントは、あらかじめ提示されたこの共通モデルからできるだけ離れないように自身のデータモデルを定義することになる。一方で、さまざまなプラットフォームが、それぞれ独自の共通データモデルを提示しないように、それらのプラットフォームが所属するドメインごとにドメインデータモデルを公開し、各プラットフォームに参照を促す。最終的には、それらのドメインで共通するさらなる上位の統合データモデルが存在し、各ドメインモデルはこれを参照する。

以上のように、ゆるやかな標準は、つながるための共通な仕様が、上位から下位へ段階的に個別化されていくと同時に、下位から上位へむけて段階的に共通化されていく。こうした仕様の決定プロセスが、ボトムアップ的に行われるか、トップダウン的に行われるかは、次節で示すエコシステムの運用による。

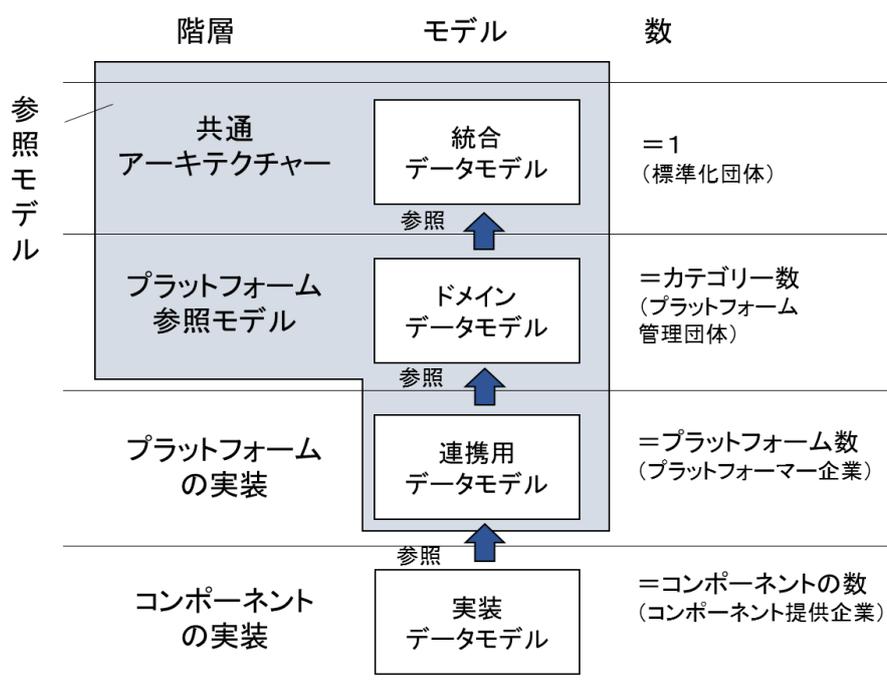


図9: データモデルの参照関係

エコシステムの成長のしくみ

SMU が複数システムで構成されたシステム (SoS) として、フィジカル世界の現実の多様性をしっかりと反映させ、独自に成長していくために、IVI プラットフォームは、連携のための仕様そのものを段階的に改変されていくことを許容する必要がある。

SoS の成長のための方策としては、トップダウン型の革新的なアプローチと、ボトムアップ型の改善的なアプローチの両者を組み合わせたくみが見込まれる。そこで、ここでは、“プラットフォーム共通アーキテクチャー”によって、スマートなものづくりのための SoS をトップダウン的に記述する。本小論はその抜粋である。プラットフォームが提供する“プラットフォームプロファイル仕様書”や、個別の“コンポーネントプロファイル仕様書”は、このプラットフォーム共通アーキテクチャーに準ずる形で定義される。

一方で、それぞれ異なるものづくりの現場において、それぞれ異なるニーズに対応して描かれたつながるためのシナリオは、非常に多様であり、トップダウン的なアプローチでは解決できない場合が多い。そこで、こうした現状の問題や課題は、まずはボトムアップな形で現状 (AS-IS) を記述する。そして、そうした課題を解決するためのしくみのあるべき姿 (TO-BE) として記述したうえで、それを実現するためのプラットフォームの要件を“業務シナリオユースケース要件仕様書”として記述する。これらの関係を表2にまとめる。

さまざまな業種のさまざまな業務のニーズから出発して、ボトムアップな形で提供された業務シナリオユースケース要件仕様書は、さまざまな視点やドメインをもっており、それはおそらく1つに統一することは

できないだろう。そこで、こうした異なる視点やドメインについて、いくつかのカテゴリを設定し、カテゴリごとに参照モデルを定義する。なお、2016 年度 12 月時点において、図2のジェネラルファンクションブロックとのマッピングを参考として、表3に示す8つのカテゴリが“プラットフォーム参照モデル”として登録されている。

プラットフォームプロファイルや、それを構成するコンポーネントプロファイルは、このプラットフォーム参照モデルをもとに、自らの機能を設定する。すなわち、ゆるやかな標準の考え方にしたがって、個別の特性を活かしつつも、共通となる参照モデルにできるかぎり合わせることで、インテグレーションの工数を低くし、よりつながるしくみを実装しやすくしている。

一方で、こうした参照モデルは、プラットフォームやコンポーネント提供企業にとって、個別のユーザー事例に対応するのではなく、おおよそのニーズを把握したうえで、8割の機能を実装するのに有効な情報である。したがって、参照モデルに対応したプラットフォームやコンポーネントの提供者が増え、それによって、今度は、参照モデルにあわせた個別ニーズの事例が増えるという好循環が生まれる。

このように、スマートなものづくりのエコシステムをつくり機能させるための基本構造としては、表2に示す一連の仕様書を定義することが有効である。IVI では、こうした仕様書を該当するステークホルダーが記述しながら、毎年のサイクルでゆるやかな標準を改定していく。

表2: エコシステム実現のための仕様書構成

仕様書名	プラットフォーム委員会	標準モデル委員会	プラットフォーム管理団体	プラットフォーム企業	コンポーネント提供企業	業務シナリオ作成者(ユーザー)
プラットフォーム共通アーキテクチャー	D		R	R	R	R
プラットフォーム共通辞書		D	R	R	R	R
プラットフォーム参照モデル (カテゴリ別)		C	D	R	R	C
プラットフォームプロファイル仕様書		C		D	C	
コンポーネントプロファイル仕様書		C		C	D	
業務シナリオユースケース要件仕様書		C	C	C	C	D

R: 参照、D: 定義、C: 確認

表 3: プラットフォーム (PF) 参照モデルのカテゴリ

番号	カテゴリ名称	説明
01	生産技術情報 PF	設計情報から生産ラインの構成を検討し、試作から量産までのプロセスに至る技術データを扱う PF
02	現場情報管理 PF	生産現場で得られる品質データ、技能データ、稼働データをもとに QCD を日々改善するための PF
03	計画実績連携 PF	生産ラインの進捗を管理し、計画や仕様の変更、そして現場の状況にダイナミックに対応するための PF
04	企業間連携 PF	企業間のサプライチェーンやエンジニアリングチェーンに必要なデータをセキュアに交換するための PF
05	企業まるごと PF	中小企業向けに、「売り」「買い」「作り」がつながり、生産管理に必要な機能をコンパクトにまとめた PF
06	予知保全 PF	故障予知のために必要な関連データを、メーカーやサイトを超えて管理し、必要な対策をとるための PF
07	設備管理 PF	設備の稼働データを活用し、総合設備効率を向上するとともに生産管理や品質管理ともつなげる PF
08	保守サービス PF	販売した製品の利用状況をモニタリングし、故障時のサポートや予備品などを共同で行うための PF

この資料は、現在 IEC/ISO が共同で進めている smart manufacturing reference architecture に関する国際標準化に対して IVI から提出した英語の候補案を翻訳したものです。ご意見などございましたら、事務局までご連絡ください。 <http://iv-i.org>

2016年12月