

スマートマニュファクチャリング特別委員会

FBMホワイトペーパー

Flexible Business and Manufacturing

JEMA Smart Manufacturing Special Committee WG1

2020 年(令和 二 年) 5月 25 日 発行



一般社団法人日本電機工業会

スマートマニュファクチャリング特別委員会

序文

我が国の産業政策は、「Society 5.0：超スマート社会を実現し、人々に豊かさをもたらす」ことを目的とし、「Connected Industries：様々なつながりにより新たな付加価値が創出される産業社会」の実現を目標としている。これまで JEMA スマートマニュファクチャリング特別委員会が「製造業 2030」で提唱した、FBM(Flexible Business and Manufacturing)は、この産業政策目標を実現する手段として、新たな付加価値(バリュー)を創出するためのコンセプトとして位置づけられる。

本書は、ごく簡単な事例を基に、FBM コンセプトの基本を説明することを目的としている。

目次

序文	3
1 FBM の背景	4
2 FBM とは.....	5
2.1 FBM のコンセプト	5
2.2 FBM の概略	6
3 FBM のステークホルダと役割	7
4 FBM モデルの構成要素	9
5 FBM サービスとバリューチェーンの最適化	10
5.1 FBM サービスとは	10
5.2 FBM モデル最適化と評価指標	12
5.3 FBM サービスの属性	12
5.4 評価指標値の求め方	14
6 FBM モデルをデザインする.....	16
6.1 FBM をデザインする業務フロー	16
6.2 事業主の業務	16
6.3 コーディネータの業務	16
6.4 FBM モデルのより高度な最適化.....	19
7 FBM モデルのユースケース	20
7.1 ユースケース 01 製造委託バリューチェーン	20
7.2 ユースケース 02 制御盤のバリューチェーン.....	21
7.3 ユースケース 03 BCP に基づくサプライチェーン再構築	22
7.4 ユースケース 04 外部アプリケーションとの連携.....	23
8 今後の課題.....	24
8.1 評価指標の拡充.....	24
8.2 国際標準との連携.....	24
8.3 環境整備	25
9 用語集.....	26

附属書 A FBM コンセプトの位置づけ	27
附属書 B ビュー	28
B1 ビューとは	28
B2 製造工程（サイクルタイム）ビューのイメージ	29
B3 製造リソースビューのイメージ	30
B4 生産物流（社内搬送）ビューのイメージ	31
B5 調達物流ビューのイメージ	32
附属書 C 代替バリューチェーン設計	33
委員名簿	34

1 FBM の背景

2015 年当時の動向として、国内では、内閣府 Society5.0 に基づき多くの団体がスマート製造構想に、独自に取り組みだしていた。しかしながら、将来像を描き、そこからバックキャストする活動は少なかった。一方海外では、欧米中心に「Think systems, not technology」などの標語に代表されるシステム指向やシステムエンジニアリングが重要視され、それらが Industrie4.0 や IIC(Industrial Internet Consortium)などで具体化され始めていた。

こうした状況を鑑み、JEMA スマートマニュファクチャリング特別委員会は、2030 年以降をターゲットにした製造業の将来像を描いた。

- あらゆるモノがインターネットにつながり、様々なビジネスプロセスが、今以上により密に結合されている。
- 各企業は、集団利益のために行動を調整し、ステークホルダに価値を提供していく。
- 様々なバリューチェーンで、求められる価値・提供される価値が、組織の枠を超えて、リアルタイムに授受されている。
- これらの価値が、極めて短時間で判断・検証され、効率よく実行に移され、集団利益の最大化が図られる。
- 集団利益の追及は、ビジネスモデルや製造機能の組合せさえも、フレキシブルに変化させる。

これら将来像をバックキャストし、検討した結果、「ニーズに応じて柔軟かつ迅速に、バリューチェーンの構築・再構築を可能とするアーキテクチャ FBM」が提案された。

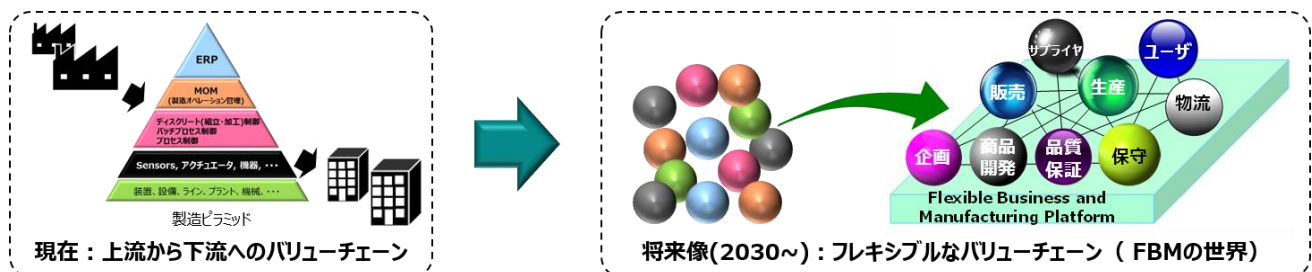


図 1.1 製造業の将来像

2 FBM とは

2.1 FBM のコンセプト

FBM は、シンプルなモデルを用いて、目的ごとに最適なバリューチェーン（FBM モデル）を構築するためのアーキテクチャである。

FBM モデルを構築することで、以下の効果が期待できる。

- ・ 様々な生産プロセスや関連ビジネスのバリューチェーンを、検討の対象とすることができる。
- ・ バリューチェーンの構造を、第三者に分かり易く可視化することができる。
- ・ 互いの理解を共有することにより、製造とビジネスの在り方についての的を射た議論をすることができるようになる。

FBM のコンセプトは制御盤の最適設計、製造ラインの生産最適化から、企業連携（エコシステム）の収益最適化に至るまで、広く適用することが可能である。

FBM モデルをデザインするためのツールを FBM ツールという。基本要件を示す。

- ・ モデリングの専門知識が不要で、分かり易くフレキシブルな FBM モデルの表現が記述できること。
- ・ FBM モデルが、様々な指標で容易に評価できること。（ビュー）
- ・ 評価を行う際に、リアルな現場情報を含む様々な情報を取得する機能を備えていること。
- ・ FBM ツール利用者の様々な要請に応えられるよう、ビューのカスタマイズや新規作成ができること。
- ・ パソコンなどの環境で動作する、簡便でオープンなツールであること。
- ・ 今後の仕様拡張に容易に応えられる構造であること。

付属書 A に FBM コンセプトの位置づけを示す。

2.2 FBM の概略

FBM モデルは、球と矢印などのシンプルな要素で構成される。次図に FBM モデルのイメージを示す。

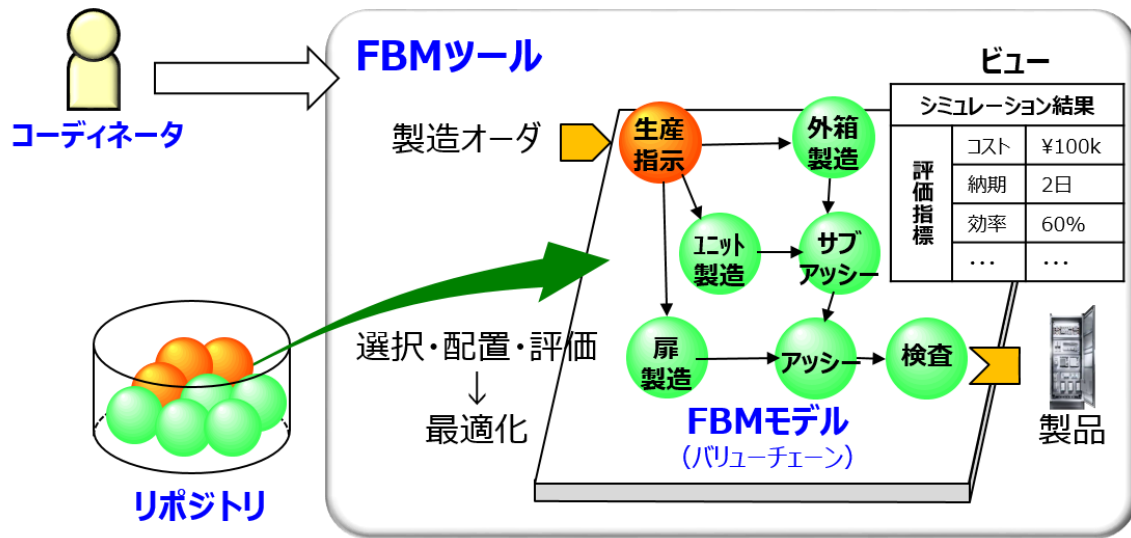


図 2.2.1 FBM モデルのイメージ（製造バリューチェーン）

FBM モデルのデザイン手順を概略する。

環境：バリューチェーンの構成要素（機械設備、工程、部門、企業、など）が、あらかじめ FBM サービスとしてモデル化され、リポジトリに登録されている。

- 1) FBM モデルのデザイナー（コーディネータ）は、FBM ツールを用いて、リポジトリから FBM サービス（球）を適宜選択し、連結（矢印）することで、製造やビジネスのニーズに応じた仮想的なバリューチェーンを記述する。（FBM モデル）
- 2) FBM モデルを、様々な評価指標（コスト、納期、効率、信用力、など）を用い、シミュレーション評価する。
- 3) 記述と評価を繰り返し、短時間でバリューチェーンを最適化していく。

3 FBM のステークホルダと役割

FBM に関するステークホルダは、1 ～ 5 のように定義される（次図）。

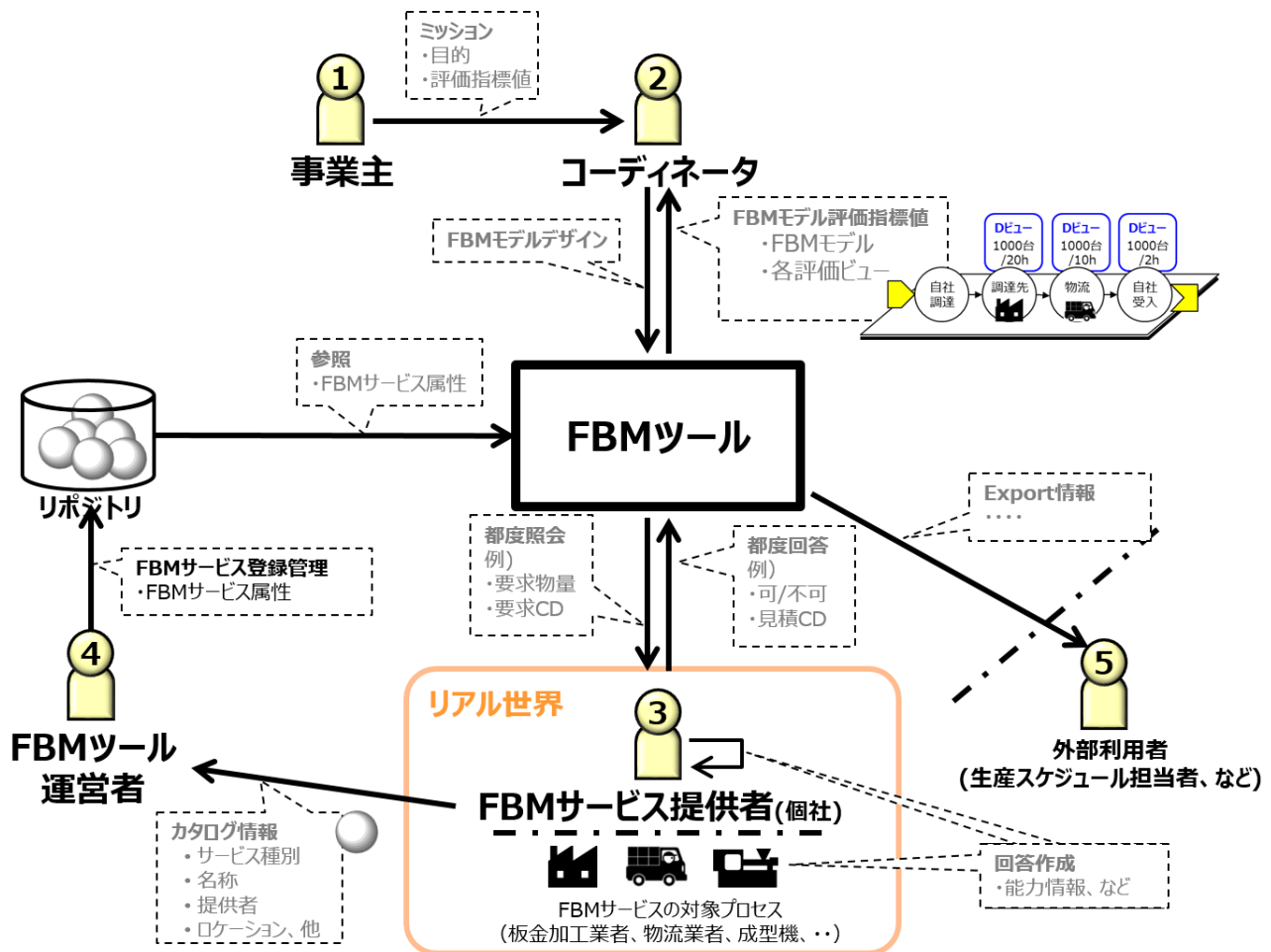


図 3.1 FBM のステークホルダ

次表でステークホルダの役割を説明する。

表 3.1 FBM ステークホルダとその役割

	ステークホルダ	役割	収益
①	事業主	<p>ビジネスの創出, ビジネスが良好かどうかを評価する役割を持ち, コーディネータを選定し, バリューチェーンのデザインを依頼する。</p> <p>1) バリューチェーンの目的および評価指標とその値を決める</p> <p>2) 目的実現に見合ったコーディネータを選択する（生産技術部員、調達部員、コンサル、その他）</p> <p>3) コーディネータにミッションを与える（バリューチェーンの目的、評価指標値、評価の優先度、他）</p>	事業収益
②	コーディネータ	FBM モデルのデザイナー。FBM ツールを用いて、事業主のミッションを満足する FBM モデルをフレキシブルにデザインする。	事業主からの報酬
③	FBM サービス提供者	<p>FBM サービスを提供する個社（または、自社部門）。</p> <p>FBM サービスを定義し、カタログ情報を作成し、FBM ツール運営者に登録依頼する。</p>	FBM サービスの従量課金収入
④	FBM ツール運営者	<p>工業会から FBM ツールを運営委託された IT 企業など。</p> <p>FBM ツールのアップデート、バージョン管理、サービス要素管理などを担う。</p>	ツール管理費 サービス登録料
⑤	外部利用者	MES アプリケーション、他	

4 FBM モデルの構成要素

次図に、FBM モデルの例を示す。

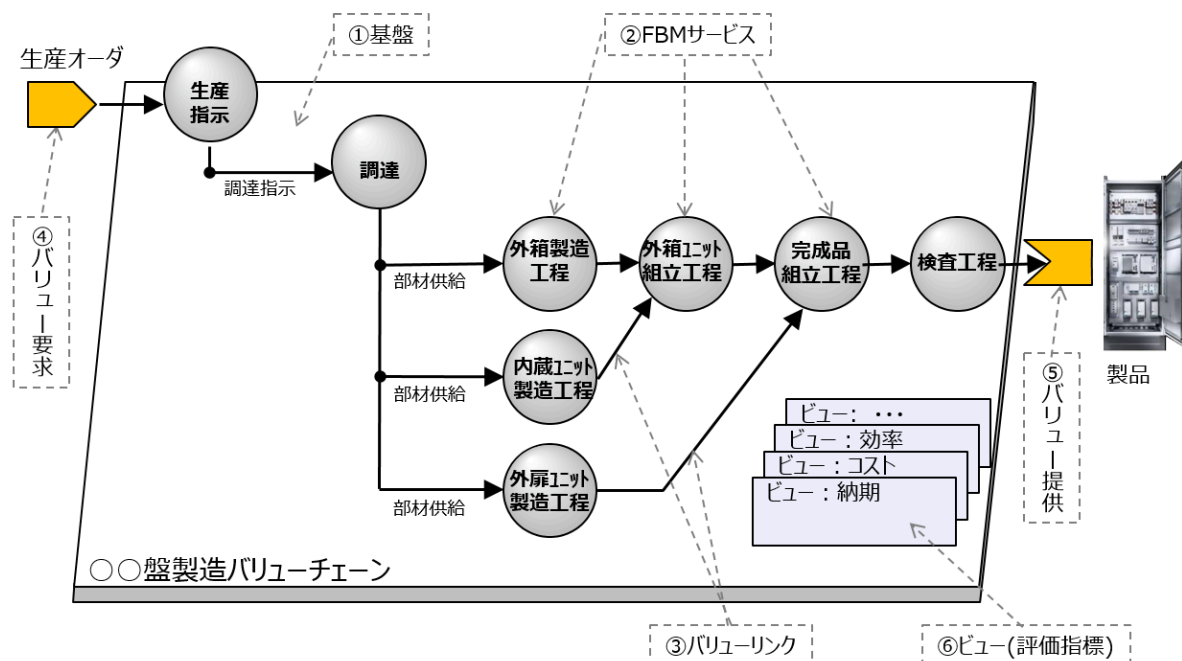
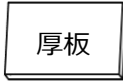

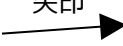




図 4.1 製造バリューチェーンの FBM モデル

この FBM モデルの構成要素を、次表に示す。

表 4.1 FBM モデルの主要な構成要素

カテゴリ	名称	説明	詳細	図形
基盤	基盤	バリューチェーン(ビジネス)の領域を示す要素。 基盤上にサービス要素やバリューリンクが配置され、この範囲でビジネスのモデル化、評価が行われる。	—	 厚板
サービス関連要素	FBM サービス	バリューチェーンで、価値を付加するプロセスであるサービスを表すモデル要素。単に「サービス要素」と呼ぶ場合もある。(5章参照)	5章	 球
バリュー関連要素	バリューリンク	バリューチェーンで連鎖の方向を示すモデル要素。一方向又は双方向矢印で示す。	—	 矢印
	バリュー要求	バリューチェーンに対する要求。(製造バリューチェーンの場合は、生産オーダーなど)	—	
	バリュー提供	バリュー要求に対応した価値の提供。(製造バリューチェーンの場合は、製品など)	—	
評価支援要素	ビュー	FBM モデルを評価指標毎に再構成したもの。 FBM モデルから自動生成されるものと、ユーザが任意に作成できるものがある。(附属書 B 参照)	附属書 B	任意

5 FBM サービスとバリューチェーンの最適化

5.1 FBM サービスとは

FBM コンセプトでは、様々なバリューチェーンにおいて、付加価値を生み出すプロセスを FBM サービスとよぶ。FBM サービスの目的は、バリューチェーン（FBM モデル）をデザインするコーディネータに、対象プロセスの情報を、極めてシンプルなモデルで表現し提示することである。コーディネータは、事業主のミッションに従って、FBM サービスをリポジトリから適宜選択・配置・評価を繰り返し、短時間で目的を達成する最適な FBM モデルをデザインすることができる。FBM サービスの要件を示す。

1) 名称

対象プロセスを特定できる、ユニークな識別名称、ID を備えること。

2) 球体表現

FBM モデルをデザインする際、対象プロセスの如何に関わらず、球体で表現できること。

3) 属性情報

個々の FBM サービスは、コーディネータのニーズに応える情報を提供するために、属性を持つこと。

属性とは、サービス要素の性質を表す項目とその値である。

コーディネータは、属性を介して FBM サービスの様々な情報（サービス種別、照会先 URL、コストや納期などの評価指標、他）を得ることができる。

属性値の精度を向上させるためには、FBM サービスの対象プロセスを含む様々な情報源へ照会できることが望ましい。

属性については、5.3 節で詳細を説明する。

4) 対象プロセスとの連携

FBM サービスの対象となるプロセス（機械設備、工程、部門、企業、など）は、FBM サービスとの情報連携機能を有すること。具体的には、3)属性情報で述べたように、FBM サービスからの情報照会に回答できること。回答は、当初は FBM サービス提供者（人間や管理サーバ）が代行するケースが多いと思われるが、IoT 機能の進化・拡大によって、プロセス自体が照会に対して即座に正確な情報を回答できるようになるだろう。そのことが、FBM サービス提供者の競争力になるだろう。

次図に FBM サービスの 4 要素を概略する。

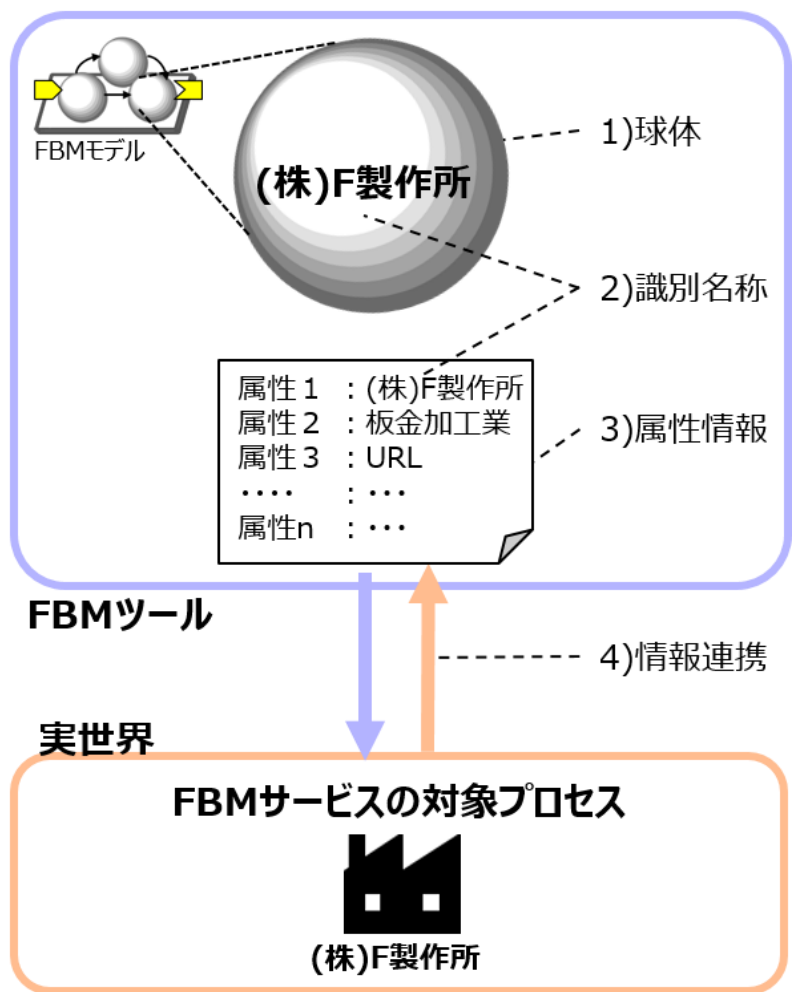


図 5.1 FBM サービスの要件

次表に、FBM サービスが対象とするプロセスの具体的イメージを示す。

表 5.1 FBM サービスの対象プロセスと名称の例

価値を生むプロセス	FBM サービスの識別名称	参考：生み出す価値
射出成型機	A 社) B 工場) 財産番号 xxx	樹脂成型品
金属加工業	(株)C 製作所) 第一製造部) 3 係	金属加工製品
調達部門	D 社) E 工場) 調達部	調達先の選定、など
トラック物流業	F 物流(株)トラック yyy 号	モノの移動距離
販売業	部品販売業(株)G 社 H 支店	販売代金、顧客満足度
保守サービス	(有)I サービス J 支店 K 班	設備の延命、など

5.2 FBM モデル最適化と評価指標

バリューチェーン(FBM モデル)の最適化とは、事業主が設定した評価指標値を満足させる FBM モデルを構築することである。

評価指標値とは、FBM サービスが付加価値を生み出す際の様々な特性(サービス特性)を定量化したものである。個々の FBM サービスは、シミュレーションの際に、照会内容に応じた評価指標値を見積もる。これらを集計して、FBM モデル全体の評価指標値が得られる。

サービス特性および関連指標値の例を次表に示す。

表 5.2 評価指標値の例

サービス特性	評価指標値の例
消費特性	コスト、時間、効率、エネルギー、...
付加価値特性	品質、出来栄、...
サービス要素特性	信用力、実績、...
環境特性	排出量：炭素、NOx、SOx、...
他	

5.3 FBM サービスの属性

個々のサービス要素は、属性を持つ。属性とは、サービス要素の性質を表す項目とその値である。

コーディネータは FBM モデルのデザインにあたり、主に以下の場面で属性を利用する。

- FBM サービスの候補を機能で選択する場面
- FBM モデルを評価する場面（シミュレーション）

次表に、FBM サービス属性のイメージを示す。

表 5.3 FBM サービスの属性のイメージ

属性	説明
属性 1 : ヘッダ属性	FBMモデルに付与される識別ID、など
①ID情報、他	
属性 2 : カタログ情報	FBMサービス提供者によるサービス内容の説明情報
①サービス種別	FBMサービスの種別・仕様を示す
②識別名称	FBMサービスのユニークな識別名称 例：メーカ名称／機種・メーカ定義の識別情報 ／サービス提供元定義の識別情報（財番など）
③サービス提供元	FBMサービス提供者の名称／所在地／問い合わせ先／・・・
③ロケーション	FBMサービス対象プロセスの所在場所
④付随情報	サービスや提供元に関する付随情報 ・自己申告：資本金／認証／・・・ ・他者評価：与信／実績評価／・・・
属性3 : 照会情報	FBMサービス対象プロセスへ評価指標値（コスト、納期など）を問い合わせる情報
①要求サービス仕様	FBMサービスの詳細 例＊：種別(板金加工)／図面／板金サイズ／材質／穴径／・・・
②要求仕様	物量・コスト・納期、など 例＊：20個/ロット／発注後3営業日以内／¥250/個
属性4 : サービス能力情報	FBMサービス対象プロセスが保有する能力 （原則、サービス提供元以外は不可視）
①単位能力	照会内容に応じた見積をするための単位あたりの能力情報 例＊ 作業単位／加工時間／段取り時間／他
②稼働コスト	サービスを稼働させるために必要なコスト ＊消費電力／電気代／減価償却費／他
属性5 : 回答情報	照会に対して、FBMサービス対象プロセスが回答する評価指標値 （コスト、納期など）
①サービス提供の可／不可	
②サービス提供コスト、納期 など	例＊：サービス提供に伴う評価指標。コスト、納期、効率、実績、など
③他	

例＊ は、サービス種別や評価指標毎に、例が異なることを示す

1) ヘッダ情報

全ての要素に共通な情報。ユニークな識別 ID など。FBM ツール運営者が付与する。

2) カタログ情報

コーディネータが FBM サービスの候補を選択するための情報

- ・ FBM サービス提供者が、サービス内容を説明する情報。（どのようなサービスを、誰がどこで提供するか、など）
- ・ サービス提供者を評価するための情報。（自己評価、第三者評価）

3) 照会情報

シミュレーションの際に、FBM サービスの対象プロセスに評価指標を問い合わせる情報。具体的には、バリュー要求で与えられる要求仕様を、個々の FBM サービスへの要求仕様にブレイクダウンした情報である。

サービス種別や、事業主が指定する評価指標によって、内容が異なる。

本情報は、コーディネータが設定する。サービス種別ごとに設定項目（要求物量、指定時刻、など）がフォーマット化され、コーディネータの作業はデータ入力のみとなることが望ましい。

4) サービス能力情報

FBM サービス提供者または、FBM サービスの対象プロセスが、照会情報をもとに、評価指標値を見積もる際に参照する情報。

サービス種別や、事業主が指定する評価指標によって、内容が異なる。サービス提供者の競争領域の情報であり、サービス提供者、またはサービスの対象プロセスのみが保有し、原則 FBM サービス提供者以外は不可視。

5) 回答情報

FBM サービス提供者や FBM サービスの対象プロセスが、照会に対して見積もり回答する評価指標値。

FBM サービスの属性については、今後さらに議論と検討が必要である。

5.4 評価指標値の求め方

評価指標値は、FBM サービスの対象プロセス（現場）の状況に左右される場合がある。

例えば、サービス要素を板金加工業 X 社、評価指標を納期、コストとする。同じサービス（同一製造図面で同一物量、など）を照会しても、繁忙期と閑散期では回答が異なる場合があるかもしれない。FBM では、このような「状況」に関わるパラメータを、能力情報と定義し、属性に含めた。サービス提供者は能力情報をパラメータとして回答の精度・速度を高めるべきである。式 1 の関数 f およびパラメータの詳細は、FBM サービス毎に個々に定義される。

$$\text{評価指標値} = f(\text{照会情報、能力情報}) \quad \dots \text{式 1}$$

FBM サービス提供者は、様々な評価指標に対応できる能力情報を具備すべきである。更に、その値は、機械学習などを用いて、現場状況に則してブラッシュアップされるべきである。この結果、FBM サービスは、コーディネータの照会に、迅速かつ高精度に評価情報を回答することができるようになる。FBM 時代における FBM サービス提供者の新たな競争力になると考えられる。

なお、FBM サービス提供者あるいは FBM サービスの対象プロセスが、照会に応える能力が無い場合は、サービス提供者は、能力情報値と式 1 の関数を、属性情報として提供すべきである（次図）。この場合、精度は低下する。

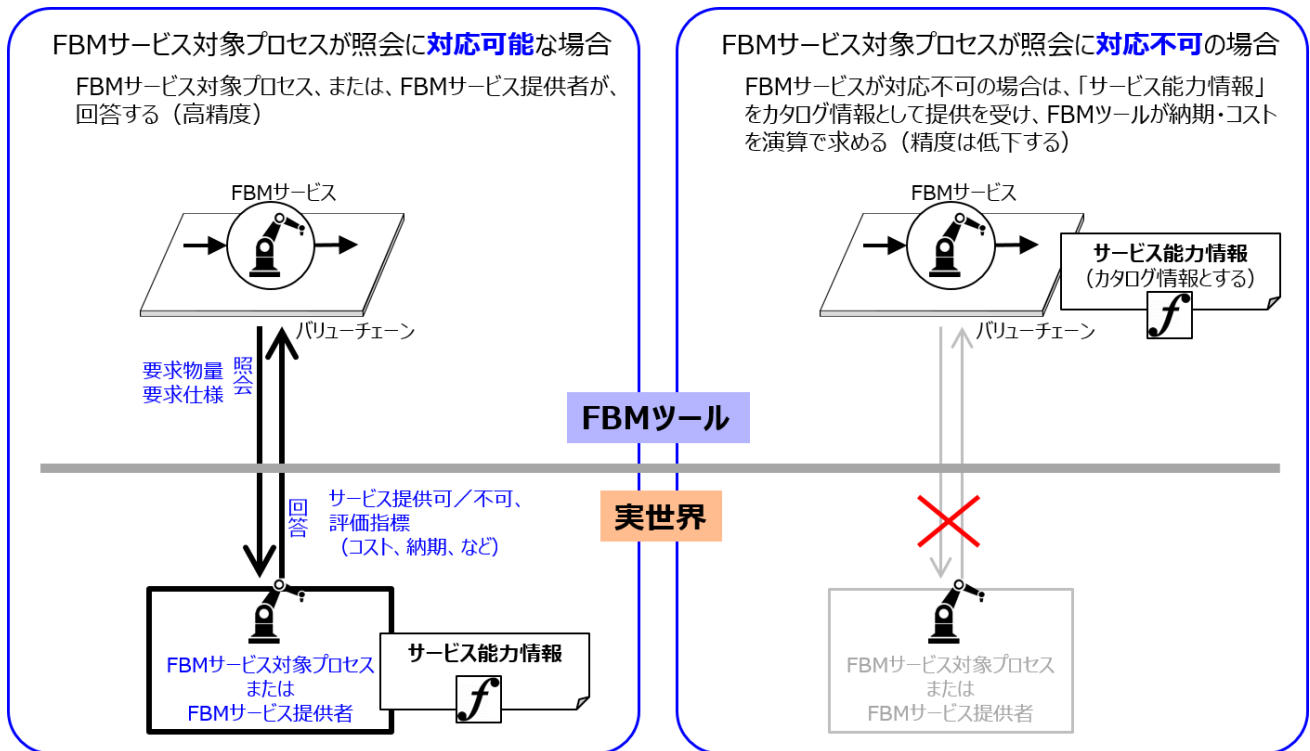


図 5.4.1 評価指標値の生成

6 FBM モデルをデザインする

6.1 FBM をデザインする業務フロー

次図に、FBM モデルのデザインの業務フローイメージを示す。

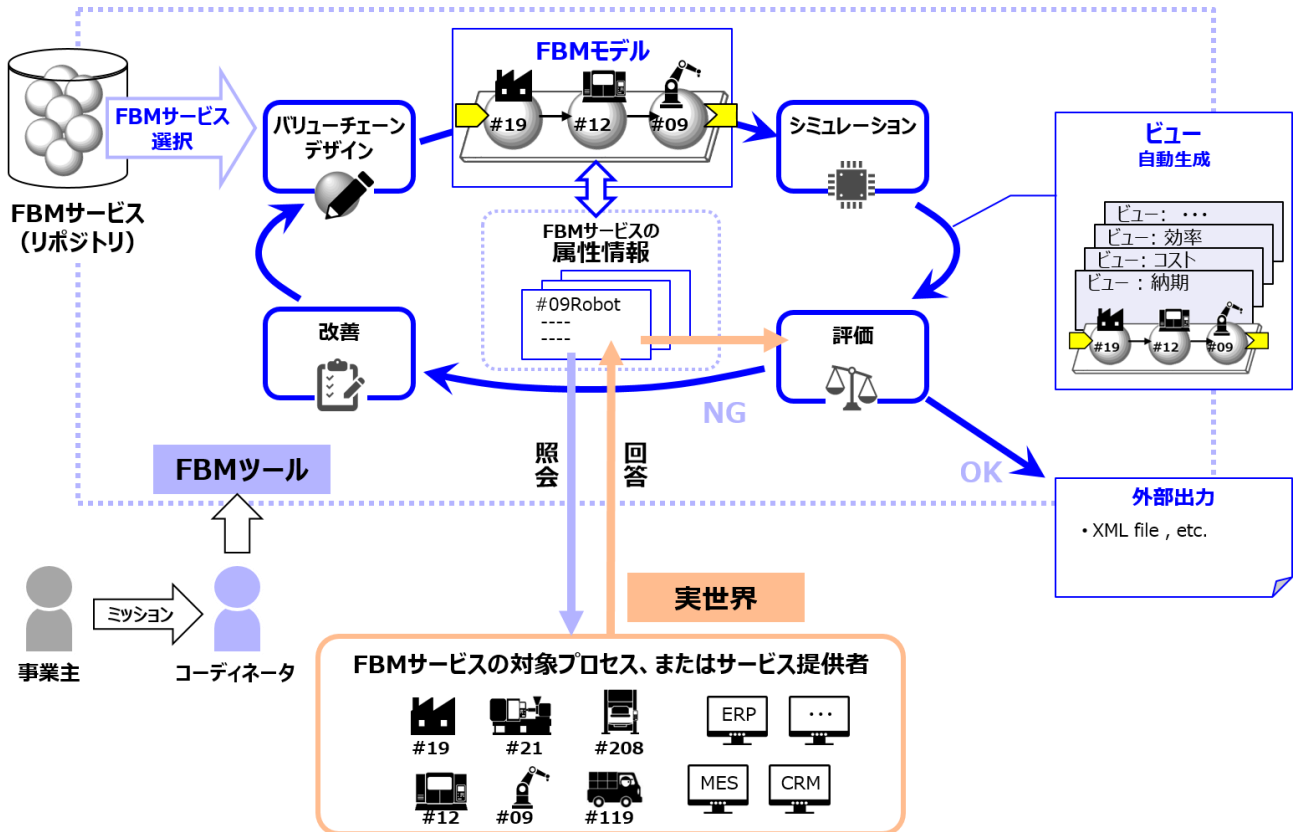


図 6.1.1 FBM モデルをデザインする業務フローイメージ

6.2 事業主の業務

- 1) バリューチェーン（あるいはビジネス）の目的、条件、評価指標とその優先順位、をミッションとして定義する。
- 2) 目的実現に見合ったコーディネータを選択する。（生産技術部員、調達部員、コンサル、その他）
- 3) コーディネータにミッションを与える。（バリューチェーンの目的、評価指標とその値、評価の優先度、他）

6.3 コーディネータの業務

コーディネータは、事業主のミッションを具体化する。すなわち、FBM ツールとリポジトリに登録された FBM サービスを駆使して、モデル作成(Plan)、シミュレーション(Do)、評価(Check)、カイゼン(Action)を繰り返し、FBM モデルの最適化を図る。

1) FBM モデルの記述 (Plan)

① FBM モデルのアウトラインを描く

バリューチェーンをどのような構成要素（球、矢印、）で構成するか、アウトラインを描く。

② FBM サービス候補の選択

アウトラインの個々のサービス要素（球）の機能（サービス種別）に応じて、FBM サービスの候補をリポジトリから検索する。（FBM サービス属性の「カタログ情報」を利用する）

③ 定性的な評価指標の反映

「実績」などの定量化できない指標について、コーディネータの経験値を反映させる。

④ FBM モデルの記述を完成する

優先順に、FBM サービスの組み合わせを FBM モデルに割り付けて、FBM モデルの記述を完成する。
FBM モデルは、次項のシミュレーションの入力となる。

2) シミュレーション (Do)

① シミュレーションの起動

コーディネータが、FBM ツールのシミュレーション機能を起動する。

② 評価項目の自動集計

シミュレーション機能が起動されると、FBM ツールは、要求仕様（数量など）を基に、FBM モデルの納期、コスト、効率、信用度、などを照会によって入手、集計し評価指標値を計算する。

③ ビューの（半）自動生成

FBM ツールは適切なビューを用いて、納期、コスト、効率、信用度、などの評価指標値を表示する。
ビューは、FBM モデルから生成されるものの他に、コーディネータがオリジナルを作成することもできる。

3) 評価 (Check)

FBM ビューを評価指標値毎に選び、モデルの妥当性を評価する。（付属書 B 参照）

4) カイゼン (Action)

「評価」結果が事業主のミッションを満足できなかった場合、カイゼンを図る。例えば、サービス要素を入れ替えたり、バリューリンクの経路を変更したり、アウトソーシングしたりする。

以上を繰り返し、事業主が指定した評価指標を満足するように、FBM モデルを最適化していく。
一連のコーディネータ業務の要点を次図に示す。

ミッション

目的：板金製品製造

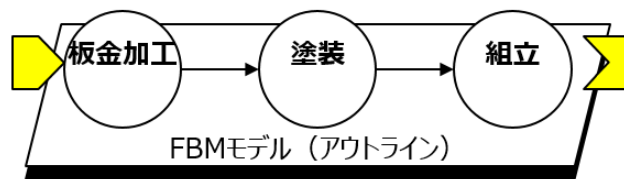
評価指標 優先度

コスト=¥100k 2

納期=48h 3

実績=重視する 1

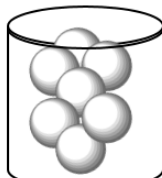
1) FBMアウトライン作成



2) FBMサービス候補を選択する

3) コーディネータが、定性的指標を反映

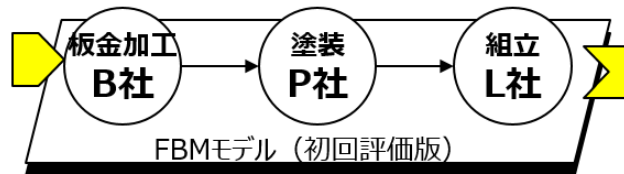
(このケースでは、個社の「実績」を優先順位として反映)



リポトリ

	板金加工	塗装	組立
照会結果	A社 +実2	P社 +実1	M社 +実2
	B社 +実1	Q社 +実2	L社 +実1
	C社 +実3		

4) 優先順にFBMサービスをFBMモデルに割り付けシミュレーション評価する 結果は、ビューで集計表示され、これを用いて最適組み合わせを求める



ビューの例

	板金加工	塗装	組立	集計	ミッション
コスト	¥25k	¥30k	¥40k	¥95k	¥100k
納期	30h	8h	12h	50h	48h

図 6.3.1 FBM モデル作成手順

このほかのコーディネータの作業を以下に示す。

5) 代替バリューチェーン設計

将来の物量増や、設備メンテナンス、委託先の休業などに備え、バリューチェーンの代替設計を行う。

具体的には、(複数の) サービス要素単位で、外部委託化するなどが考えられる。

附属書 C に例を示す。

6) 外部出力

FBM ツールの外部出力機能を起動すると、FBM モデルを、MES などの外部アプリケーションが利用できる形式 (AutomationML 形式など) に変換する。

6.4 FBM モデルのより高度な最適化

FBM モデルの最適化とは、事業主が設定した評価指標を満足する FBM モデルを、コーディネータが作成することである。換言すれば、「FBM サービスの最適な組み合わせ」を求めることである。

5.3 節では、コーディネータが自らの経験知（個社の実績など）に基づいて、FBM サービス候補をひとつずつ FBM モデルに割り付けて評価する手順を示した。しかしながら、FBM サービスが多数登録され、選択肢が増えると、コーディネータの負担が増大する。

多くの組み合わせについて、コーディネータに代わり、FBM ツールがシミュレーションを一括して行い、最適な FBM サービスの組み合わせを自動で選び出すことを目指すべきである。この場合コーディネータは、FBM モデルのアウトラインを描き、ミッションで指定される評価指標とその優先度を入力するだけでよい。次図にイメージを示す。

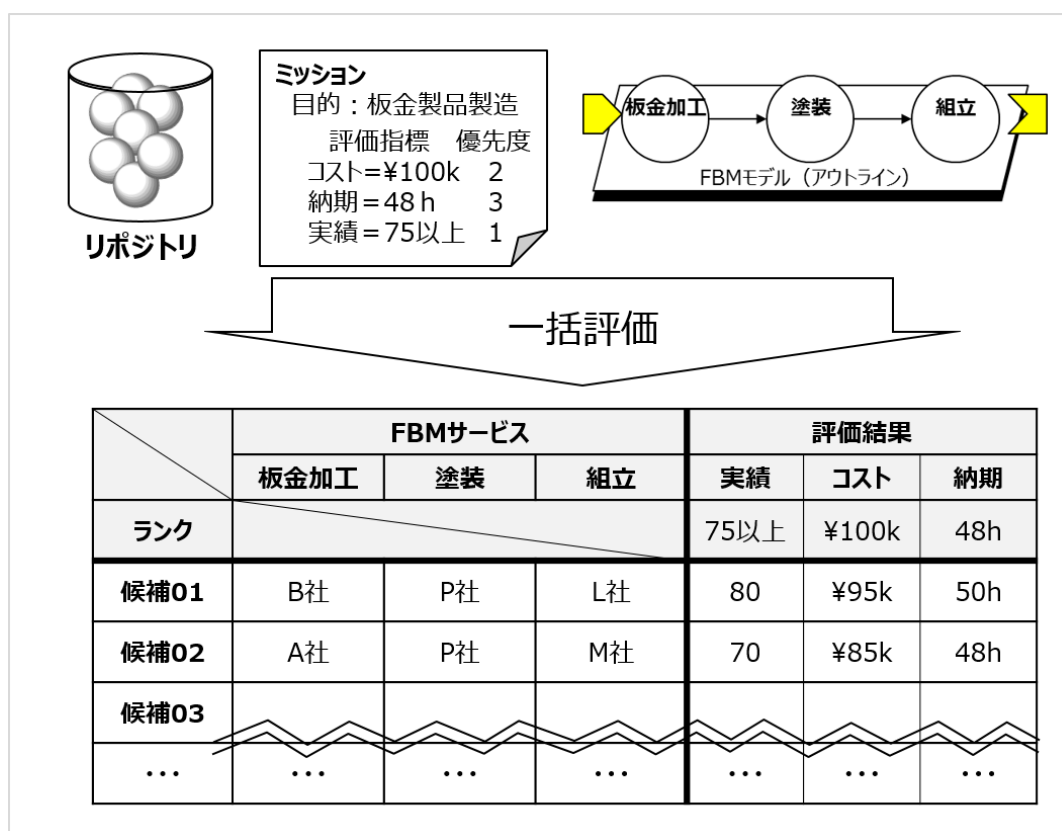


図 6.4.1 FBM モデル高度な最適化の一例

このような自動一括評価に必要な技術・環境を示す。

- 1) コーディネータ経験値や定性的なミッションの定量化（形式知化）
- 2) FBM サービスの第三者評価の定量化（「実績がある」「信用がおける」など）
- 3) IoT 技術の進化・拡大による、照会／回答プロセス自動化の浸透
- 4) FBM モデルのネットワーク構造をコンピュータが理解できる情報に翻訳する技術
- 5) 実用的な時間で最適解を導出する最適化手法（メタヒューリスティクスなど）

7 FBM モデルのユースケース

7.1 ユースケース 01 製造委託バリューチェーン

本ユースケースでは、製造委託をテーマに最も基本的な FBM モデル作成手順を説明する。

1) ミッション

目標	板金加工部品を製造委託するバリューチェーンを作成する		
評価指標	物量	1,000 個 (50 ロット : 20 個/ロット)	優先度 2
	総コスト	¥900k(単価:¥820, 運送コスト¥80k)	優先度 1
	総納期	発注後 5 日	優先度 1

2) コーディネータ手順

- ① ミッションに基づき、FBM モデルのアウトラインを作成する
- ② 各サービス要素のカタログ情報を用いて、板金加工業、最寄りの物流業を検索
- ③ 検索結果(個社 xx,yy, mm,pp)を順に FBM モデルへ割り付け、シミュレーション
- ④ ビューでシミュレーション結果を評価する

ミッションを満足するまで、③④（場合によっては②も）を繰り返す

以上のイメージを、図示する。

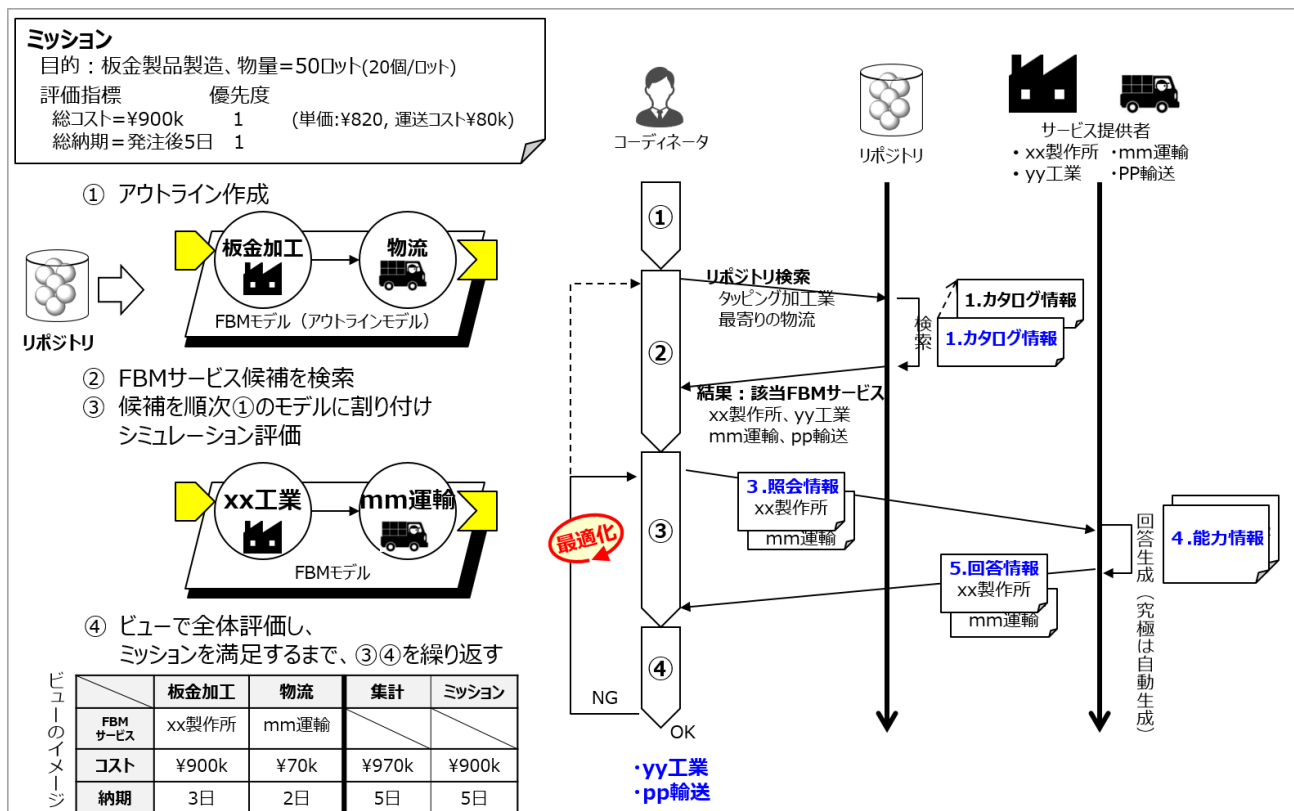


図 7.1 ユースケース 01 製造委託バリューチェーン

7.2 ユースケース 02 制御盤のバリューチェーン

本ユースケースでは、選択肢が非常に多いケースを説明する。

ここでは、制御盤 2030 で提案された、近未来におけるグローバルな制御盤ビジネスを例にしている。そこでは、高度なモジュール化による標準化、水平分業が進み、多くの FBM サービス（個社）が登録されている。

1) ミッション

目標	東南アジア X 国向けの制御盤のバリューチェーンを作成する		
評価指標	総コスト	\$〇〇	優先度 2
	総納期	◇◇日	優先度 2
	保守サービス	現地調達	優先度 1

2) コーディネータ手順

- ① FBM モデルのアウトラインを作成する（アウトラインは、標準形が用意されるようになるだろう）
- ② 要素ごとにリポジトリからサービス要素を検索すると、多くのサービス要素候補がヒットする
- ③ Web 経由で、ヒットしたすべてのサービス要素候補へ照会を行う
- ④ 「保守サービス=X 国」が優先度 1 であるため、この条件を必須として、総コスト、総納期を満足するサービス要素の組み合わせを求める（最適化手法が適用され、短時間で最適解が得られる）

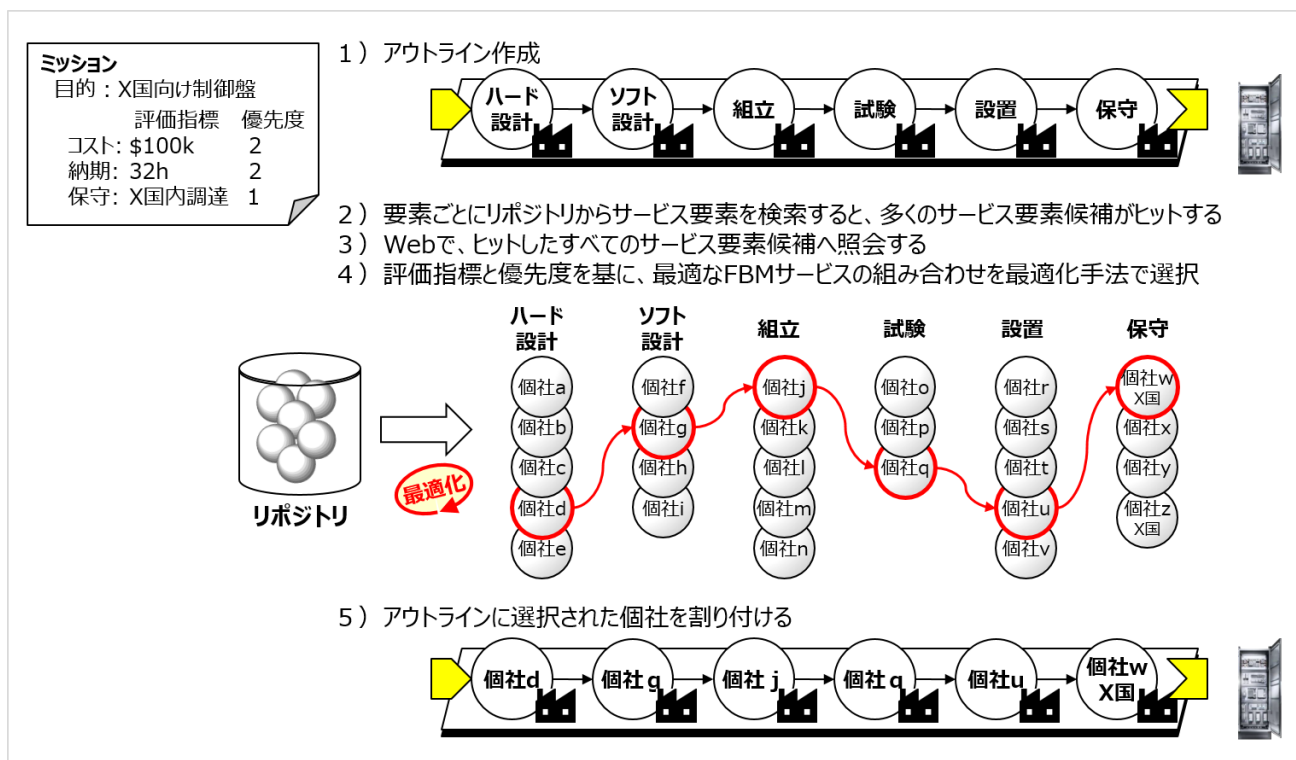


図 7.2 ユースケース 02 制御盤バリューチェーン

7.3 ユースケース 03 BCP に基づくサプライチェーン再構築

本ユースケースでは、自然災害により、調達先が生産停止になり、BCPに基づき、サプライチェーンを再構築するケースである。物量確保が最優先となるので、複数に分化したサプライチェーンに再構築し、必要な物量を確保する。

1) ミッション

目標	板金加工部品を製造委託するサプライチェーンを再構築する		
評価指標	物量	1,000	優先度 1
	総納期	32h	優先度 2
	総コスト	¥100k	優先度 3

2) コーディネータ手順

- ① 被災前の FBM モデルより、物量、納期を把握する
- ② 調達先企業候補をリポジトリから検索し、その最寄りの物流企業候補を検索
- ③ 候補の個社へ、物量に対する納期を複数パターン一括で照会する
- ④ 照会結果から、最適な組み合わせを選び、ここから FBM モデルを作成する

この結果、板金部品 2,000 個/32h の供給に対し、400 個/27h と 600 個/42h の二つのバリューチェーンを構築出来、生産計画への影響を最小化できた。

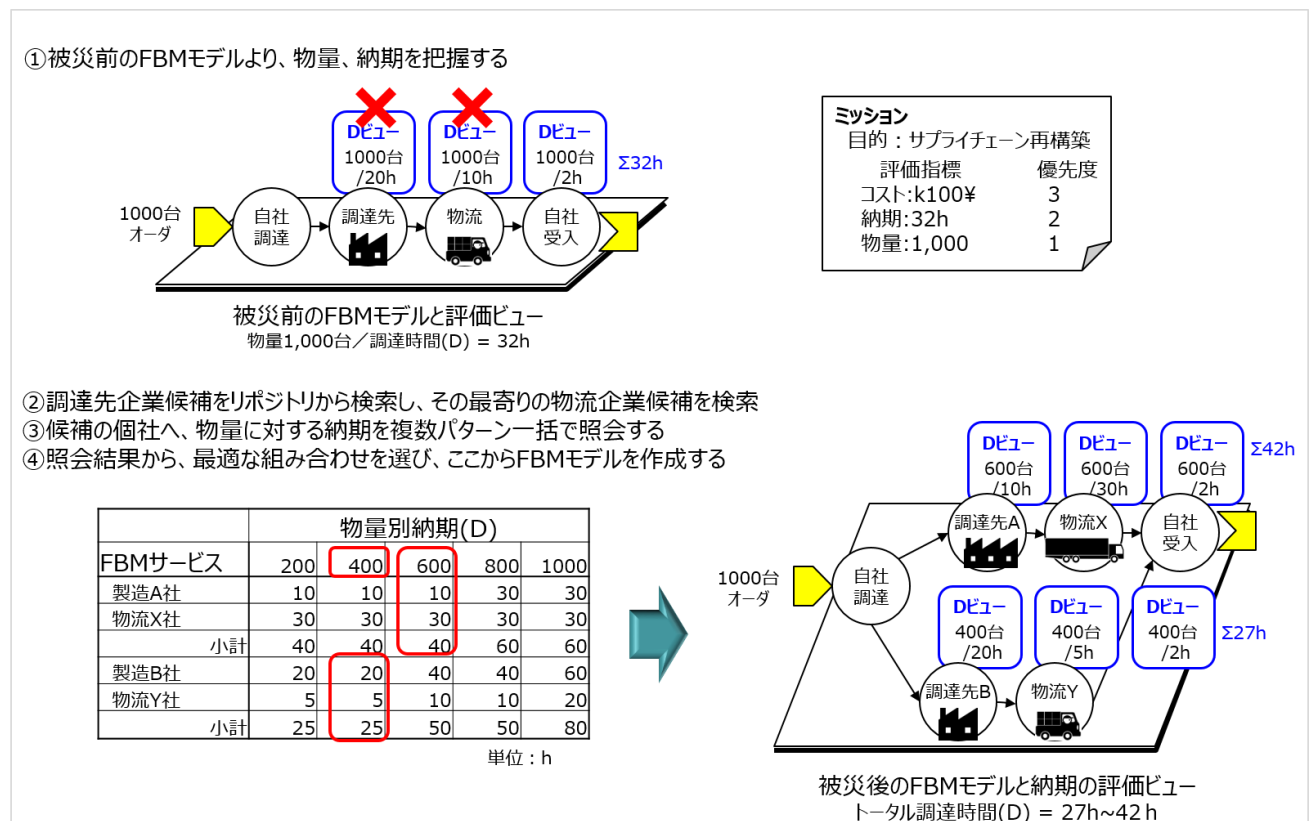


図 7.3 ユースケース 03 サプライチェーン再構築

7.4 ユースケース 04 外部アプリケーションとの連携

FBMと外部アプリケーション（MES スケジューラ）が連携して、工程稼働率を最大化するケースを説明する。

1) ミッション

目標	製品 A,B 製造について、工程稼働率を最大化する		
評価指標	工程稼働率	〇〇%以上	優先度 1
その他	制約条件	部品製造可能な社内設備は⑪のみ 組立は 3 班、熟練度①>②>③	—

2) コーディネータ手順

- ① 現状の生産工程を FBM モデルで記述する(FBM モデル 01)
- ② 物量増のケースを想定し、代替設計する(FBM モデル 02, 03)。
- ③ FBM モデル毎に、段取り替え時間(T_{段替})、正味時間(T_{正味})を外部アプリケーションに提供

3) MES オペレータ手順

- ① 物量に応じて、適切な FBM モデル 01, 02, 03 いずれかを選択する
- ② FBM ツールから外部出力される段取り替え時間、正味時間を用いてシミュレーションし、より細かい最適スケジューリングをすることもできる。

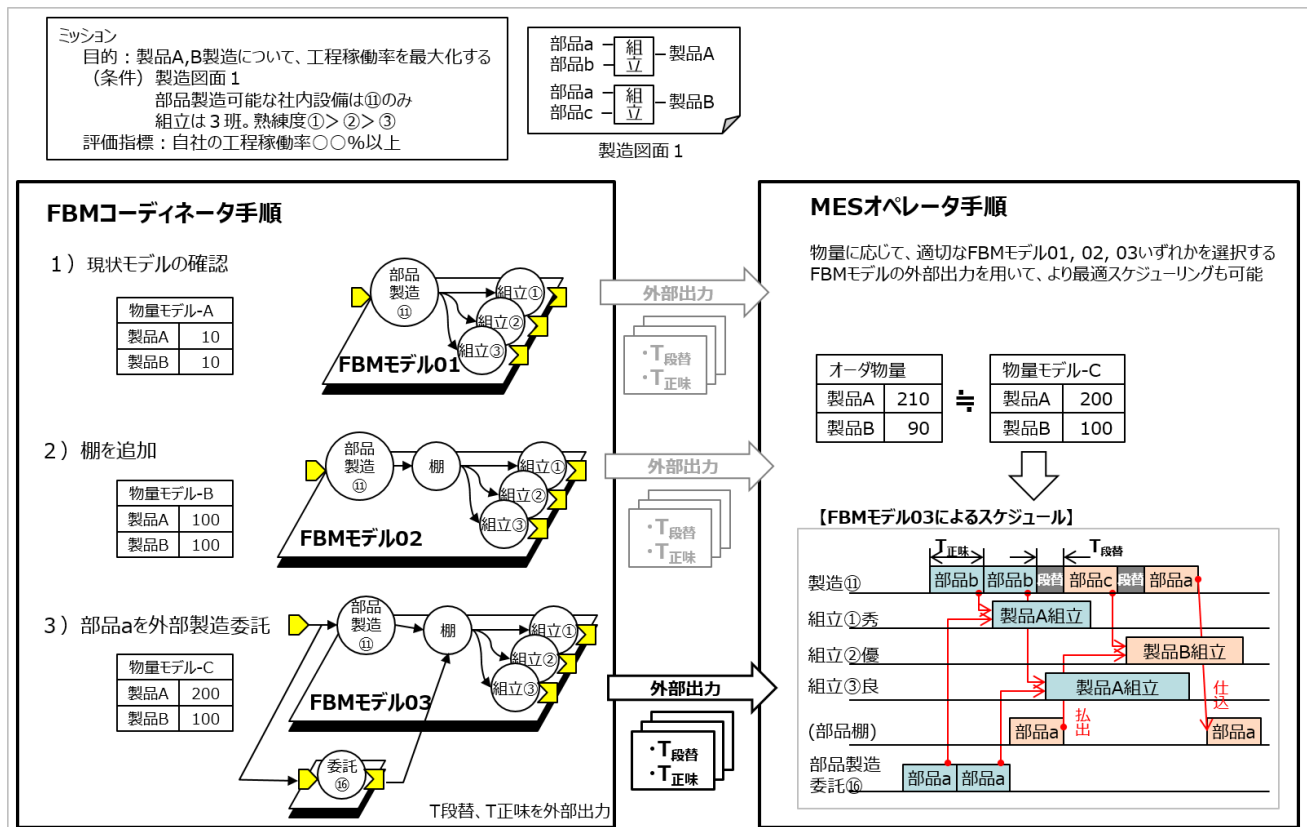


図 7.4 ユースケース 04 外部アプリとの連携

8 今後の課題

8.1 評価指標の拡充

FBM モデルの起点は、事業主である。事業主はバリューチェーンを企画するとともに、その評価指標を定めなければならない。一般に、製造バリューチェーンにおける評価指標は、コスト、納期、品質、効率、などで表される場合が多い。しかしながら、製造バリューチェーン（生産システム）だけでなく、サプライチェーン、エンジニアリングチェーン、ビジネスエコシステムに至るまで、多様なバリューチェーンが想定される。FBM が効果をあげていくためには、ユースケースを積み上げ、バリューチェーンに応じた評価指標を定義する必要がある。

ISO22400 では、製造実行システム(MES)領域での KPI とそれらを構成するデータ（エレメントデータ）を定めている。FBM の評価指標は、その拡張と考えられ、評価指標や能力情報を定義する際の参考になると考える。ISO22400 と FBM の対応関係を次表に示す。

表 8.1 ISO22400 と FBM の比較

ISO22400	FBM
KPI 総合設備効率、労働生産性、など	評価指標 コスト、納期、効率、など
エレメントデータ 実績稼働時間、実績生産時間、など	能力情報 作業単位時間、加工時間、など
計算例：総合設備稼働率 $= \frac{\text{稼働時間}}{\text{負荷時間}} \times \frac{\text{標準時間}}{\text{実際時間}} \times \frac{\text{標準時間} \times \text{投入量}}{\text{実際時間}} \times \frac{\text{良品量}}{\text{投入量}}$	計算例：納期(リードタイム) $= (\text{機械加工能力} \times \text{加工点数}) \times \text{物量} + \text{段取り時間}$

8.2 国際標準との連携

8.1 節に示した ISO22400 以外にも、FBM を実現、実装するにあたって参考となりそうな国際標準や業界標準が多数存在する。次表に、FBM の構成要素と、連携が期待できる国際標準の例を示す。

表 8.2 連携可能な標準規格の例

FBM 構成要素		連携可能な国際標準・業界標準	
FBM サービス 属性 関連	属性の構造	IEC62541	OPC UA 情報モデル
		Plattform Industrie4.0	アセット管理シェル
	ID、サービス種別	ISO29002-5	オントロジー
		IEC62360	辞書(CDD:Common Data Dic.)
		IEC61987, etc.	
		コンソーシアム eCl@ss	カタログ(eCl@ss)
	照会、能力情報	ISO22400	MES 領域の KPI
	対象プロセス連携	EUROMAP	成型機連携
		umati	工作機械連携
		Basys4.0	デバイスインタフェース

8.3 環境整備

1) FBM ツール ビューのデザイン検討

FBM モデルをシミュレーションすると、評価指標値が算出される。評価指標値を分かり易く FBM ツールのユーザ（コーディネータ）に提示するために、効果的なビジュアルを検討する必要がある。

2) FBM ツール ユーザビリティ評価

FBM モデルの入力である、バリュー入力から、各々の FBM サービスにどのようにバリュー要求をブレイクダウンしていくか、などの各種ユーザビリティの評価にあたり、FBM ツールデモシステムを立上げ（アジャイル型が望ましい）、検証を行う必要がある。

3) FBM サービスの登録推進

FBM サービスの登録規約を作成し、トライアルをする。

9 用語集

用語	意味	参照
FBMサービス	バリューチェーンで、価値を付加するプロセスであるサービスを表すモデル要素。単に「サービス要素」と呼ぶ場合もある。	表4.1、5章
FBMサービス属性	FBMサービスの性質を示す情報とその値。	5.3節、表5.3
FBMサービス提供者	FBMサービスを提供する個社。（または、自社部門） FBMサービスを定義し、カタログ情報を作成し、FBMツール運営者に登録依頼する。	表3.1
FBMツール運営者	工業会からFBMツールを運営委託されたIT企業など。 FBMツールのアップデート、バージョン管理、サービス要素管理などを担う。	表3.1
FBMモデル	FBMコンセプトに基づき、バリューチェーンをモデル化したもの。基盤、FBMサービス、バリューリンク要素から構成される。	図2.2.1、4章
FBMモデルの最適化	事業主が設定した評価指標値を満足させるFBMモデルをコーディネータがデザインすること。	6.3節
アウトライン	コーディネータがミッションに基づき、FBMツールを用いて、最初に記述するFBMモデル。まだ特定のFBMサービスが割り付けられていない状態。	図6.3.1
エコシステム	ビジネスエコシステムと同義。	
コーディネータ	FBMモデルのデザイナー。FBMツールを用いて、事業主のミッションを満足するFBMモデルをフレキシブルにデザインする。	表3.1
サービス特性	FBMサービスが付加価値を生み出す際の様々な特性。	5.2節
サービス要素	FBMサービスと同義。	
シミュレーション	FBMツールの機能の一つ。FBMモデルの評価項目を照会・集計し、ビューに変換してユーザ（コーディネータ）に提示する。	6.3節
ステークホルダ	FBMモデルの利害と行動に直接・間接的な利害関係を有する者。	図3.1、表3.1
バリューチェーン	価値を付加するプロセスが、連鎖的に繋がっていること。価値連鎖。	
バリューチェーンの最適化	FBMモデルの最適化と同義。	6.3節
バリューリンク	バリューチェーンで、連鎖の方向を示すモデル要素。一方向又は双方向矢印で示す。	表4.1
バリュー提供	バリュー要求に対応した価値の提供。（製造バリューチェーンの場合は、製品など）	表4.1
バリュー要求	バリューチェーンに対する要求。（製造バリューチェーンの場合は、生産オーダーなど）	表4.1
ビジネスエコシステム	ビジネスエコシステムとは、ビジネスの「生態系」であり、企業や顧客をはじめとする多数の要素が集結し、分業と協業による共存共栄の関係を指す。ある要素が直接他の要素の影響を受けるだけではなく、他の要素の間の相互作用からも影響を受ける。	総務省HP
ビュー	FBMツールの表示機能の一つ。FBMモデルの評価指標値を、評価指標毎に分かり易くユーザに見せる。FBMツールが標準装備するものと、ユーザが任意に作成できるものがある。	附属書B
ミッション	事業主がコーディネータに指示する情報。（FBMモデルの目的、評価指標とその値、優先順位、など）	6.2節
リポジトリ	登録されたFBMサービスが格納されている場所。FBMツール運営者によって管理される	
基盤	バリューチェーン(ビジネス)の領域を示す要素。基盤上にサービス要素やバリューリンクが配置され、この範囲でビジネスのモデル化、評価が行われる。	表4.1
事業主	ビジネスの創出、ビジネスが良好かどうかを評価する役割を持ち、コーディネータを選定し、バリューチェーン(FBMモデル)のデザインを依頼する。	表3.1
照会	FBMモデルのシミュレーションの際に、FBMサービスの対象プロセスへ評価指標値を問い合わせること。	5.3節、5.4節
製造バリューチェーン	生産システムにおけるバリューチェーン。本書では生産オーダから製品完成までを指す。	
属性	FBMサービス属性と同義。	
対象となるプロセス	FBMサービスによってモデル化されたプロセスの実体。（機械、設備、ワークセル、工程、部門、工場、企業、…）	図5.1
対象プロセス連携	FBMサービスの属性値に、対象プロセスの現在情報などを取り込むこと。	図5.1
評価指標	FBMサービスが付加価値を生み出す際の様々な特性(サービス特性)を定量化したもの。（コスト、納期、効率、エネルギー消費、…）	5.2節、5.4節

附属書 A FBM コンセプトの位置づけ

近年、欧州製造業を中心に、同一業種での相互運用性を目指した、機械・装置のモデル化が進行している。これは、例えば異なるメーカーの成型機が、全て同一インタフェースで繋げることを意味する。これらは、国際標準規格 OPC UA の CS(Companion Specification)に統合される方向で検討が進められている。FBM は、製造バリューチェーン最適化のために、産業横断的なモデル(FBM モデル)を提供する。すなわち、あらゆる機械・装置・ライン・工場・周辺 Biz(物流、販売、etc.)の情報が同一フォーマットで扱える世界を目指すものである。図 A1、A2 に位置づけを示す。

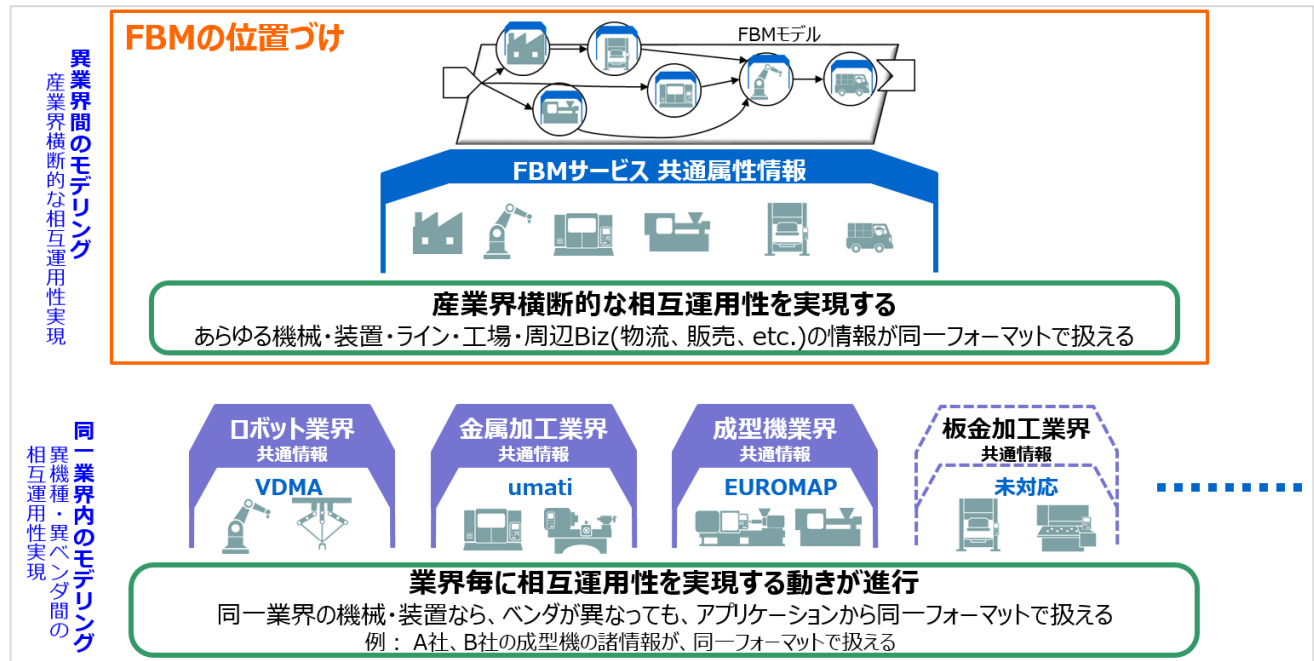


図 A1 FBM の位置づけ

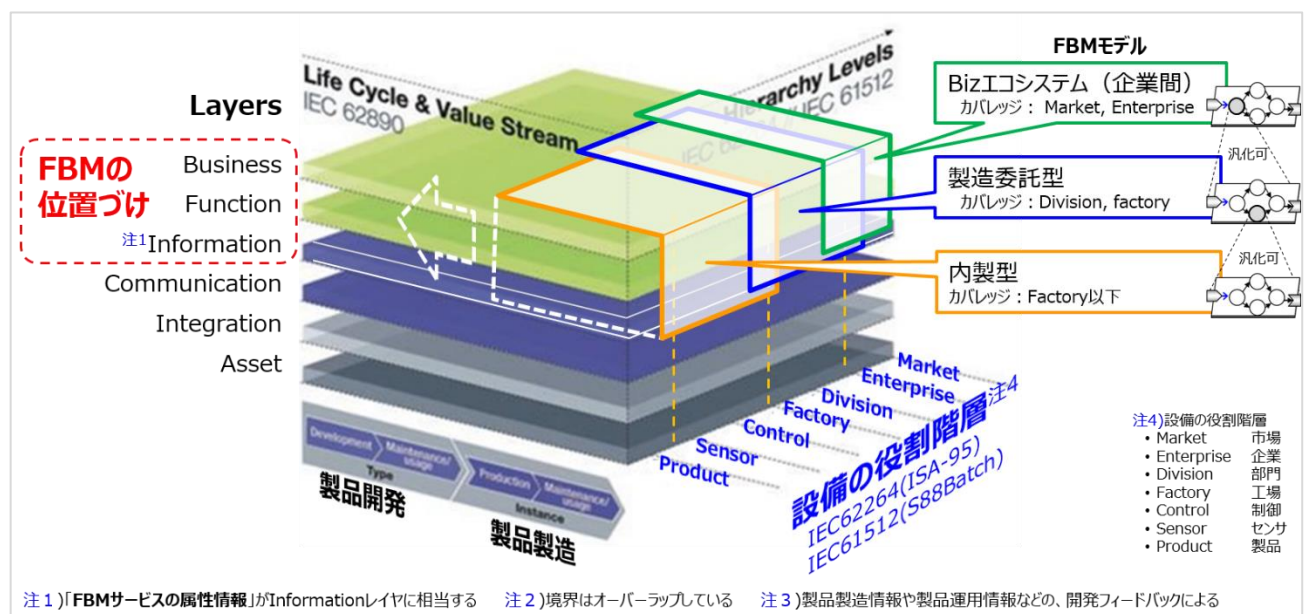


図 A2 RAMI4.0 における FBM の位置づけ

附属書 B ビュー

B1 ビューとは

FBM モデルは、そのシンプルさを特長とする。FBM モデルの評価もシンプル化を図り、評価指標値毎に評価に適した画面を用意すべきである。これを、ビューという。図 B1 に製造バリューチェーンにおけるビューと評価指標値の関連を示す。

ビューは原則、FBM モデルから（半）自動で生成されることが望ましいが、コーディネータの多様なニーズに応えるためには、オリジナルなビューをコーディネータが自ら作成可能な環境（SDK：Software Engineering Kit など）が、FBM ツール管理者より提供されるべきである。

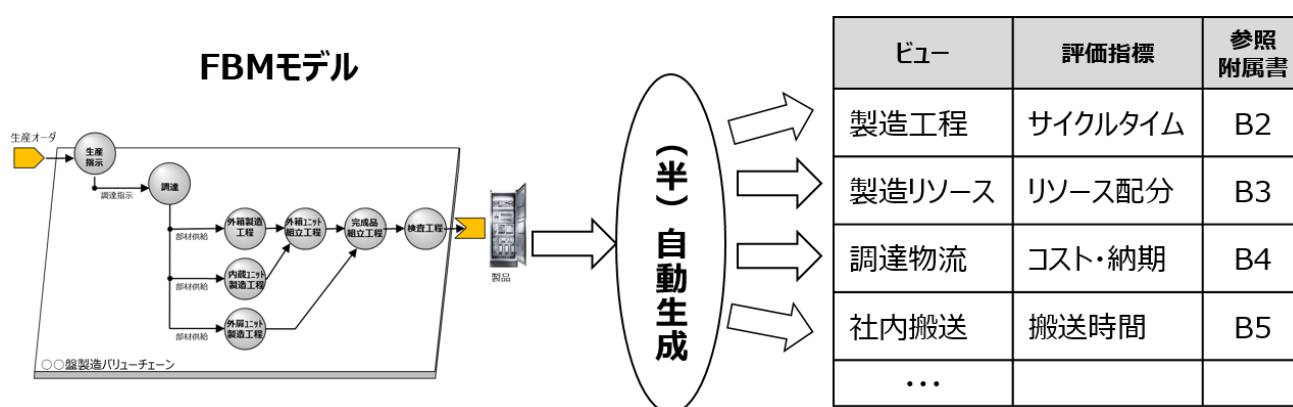


図 B 1 ビューの概念

以下、様々な評価場面におけるビューのイメージを示す。

B2 製造工程（サイクルタイム）ビューのイメージ

製造工程は、ワークに着目すれば、状態遷移図が表現に適していると考えられる。

図 B2 に、状態遷移図を用いた製造工程ビューのイメージを示す。工程毎に、サイクルタイム(Delivery)と製造コスト(Cost)が表示され、自動集計される。次図では、サイクルタイムのみ示した。各工程のサイクルタイムと、合流点における集計値（ Σ で表示）、全体集計値（ Σ で表示）を示しているので、目標に対して乖離があった場合、先ずどこに手を付けるべきかを、定量的に判断することができる。

（製造工程ビューは、IEC61131-3 SFC“シーケンシャルフローチャート”の規約に準拠している）

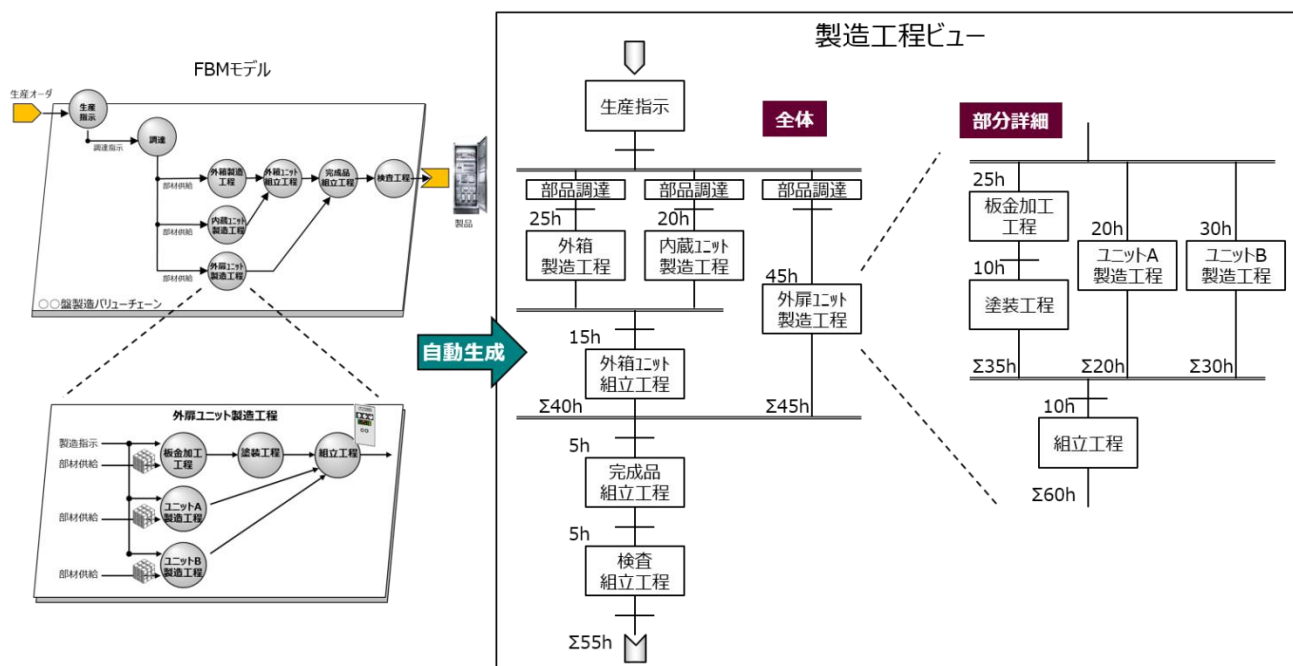


図 B 2 製造工程ビューのイメージ

B3 製造リソースビューのイメージ

製造工程は、「人」「製造設備」「作業空間」などのリソースに割り付けなければならない。図 B3 に、イメージを示す。本ビューは、図 4.4.2 の製造工程を、社内リソースのみ（リソース A、B、C）に割り付けた場合、およびアウトソーシングした場合について、差異を確認するものである。なお、リソース種別は、「人」とする。

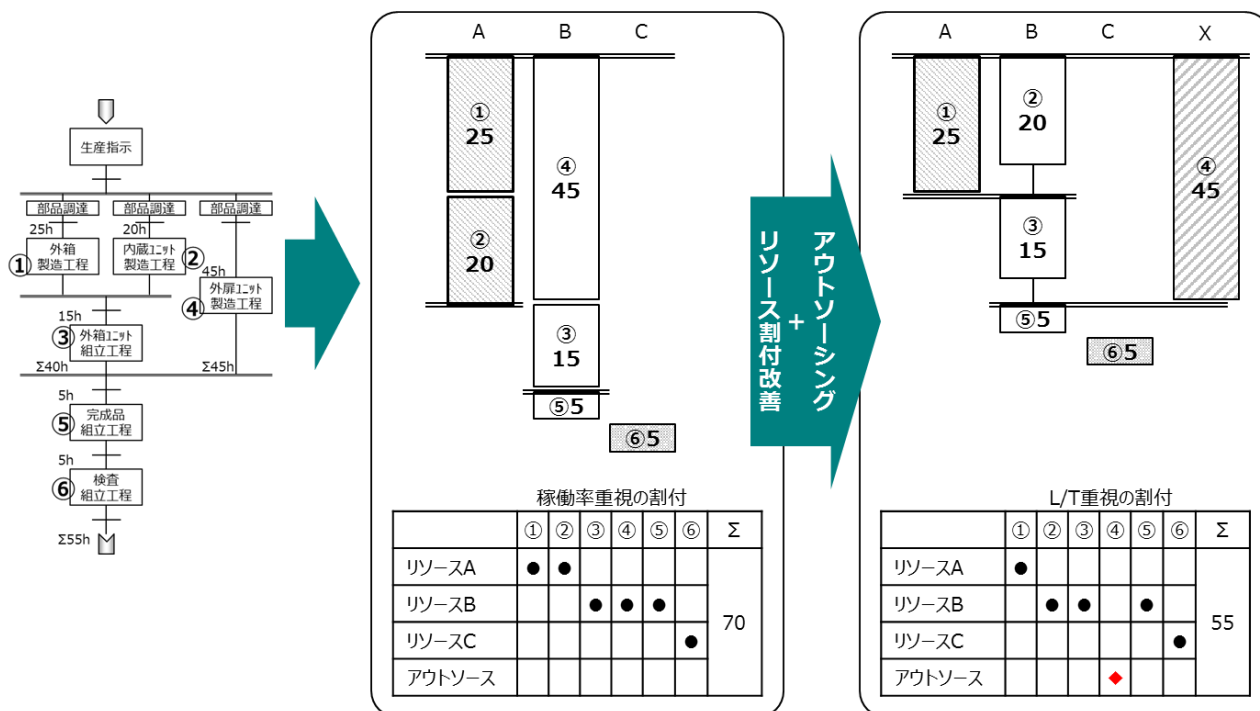


図 B3 製造リソースビューのイメージ

1) 生産量が低く、リソースの稼働率アップに重点を置く場合

左側の割り付けのように、本来並列作業可能な①②を A 班に割り付ける。トータル L/T は 70h となるが、A 班の稼働率は向上する。

2) 生産量が増えたため、L/T 短縮に重点を置く場合

右側の割り付けのように、工程④をアウトソーシングして、B 班に工程②を割り付ける。並列作業が可能となり、全体 L/T が 55h に短縮される

B4 生産物流（社内搬送）ビューのイメージ

図 4.1 で例示した FBM モデルでは、複数のバリューリンク要素（矢印）が存在する。バリューリンク要素には、水すまし、フォークリフト、AGV などの搬送サービス要素が割り付けられる場合が多い（特に工程間搬送などの場合）。これらを、生産物流（社内搬送）とよび、どのようなサービス要素を割り当てるかを決定する必要がある。図 B4 で示す生産物流ビューは、FBM から半自動生成され、バリューリンク要素ごとに、搬送サービス要素の割り当てを行う。搬送サービス要素には、搬送時間(Delivery)と、搬送コスト(Cost)は属性として登録されており、その集計値は、製造工程ビューへ反映される。

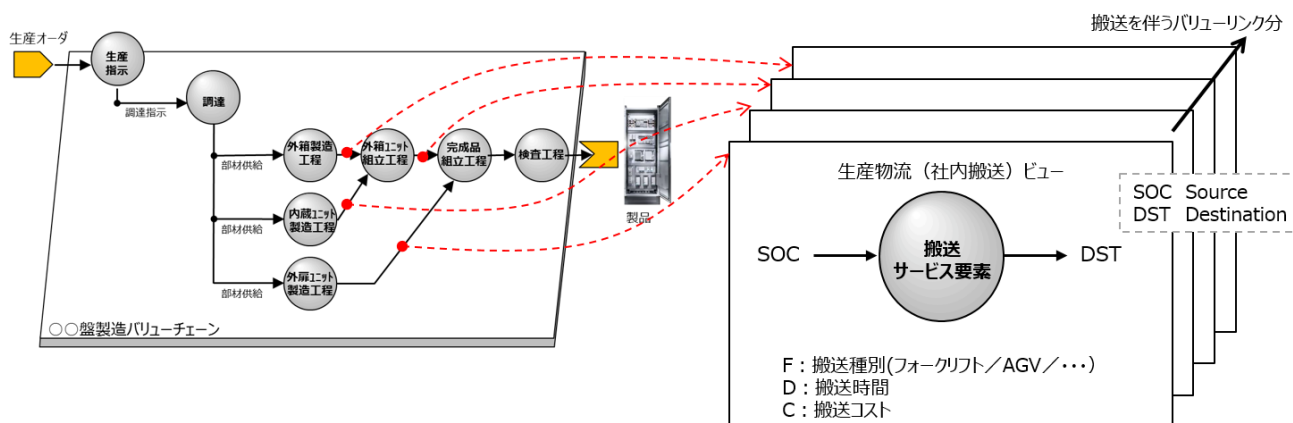


図 B 4 生産物流（社内搬送）ビューのイメージ

B5 調達物流ビューのイメージ

図 4.1 で例示した FBM モデルでは、3 つの調達要素がある。図 B5 に示す調達物流ビューは、FBM モデルから半自動生成され、調達要素ごとに、調達先や受入サービス要素、保管（倉庫や棚）サービス要素、搬送サービス要素の選択を行う。調達先も含めて各要素には、納期(Delivery)と調達コストや保管コストが属性として登録されており、その集計値は、生産物流ビューと同様に、製造工程ビューへ自動反映される。

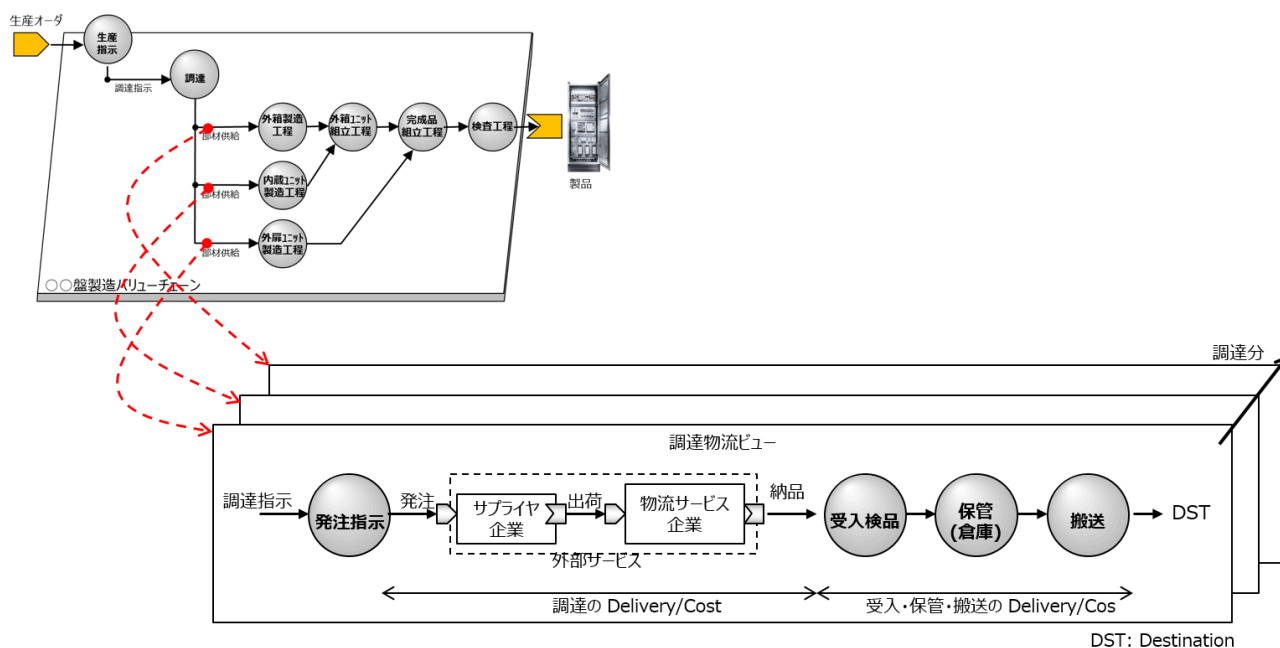


図 B 5 調達物流ビューのイメージ

附属書 C 代替バリューチェーン設計

将来の物量増や、設備メンテナンス、委託先の休業などに備え、バリューチェーンの代替設計を行う。
 具体的には、（複数の）サービス要素単位で並列処理を追加する、外部委託化するなどが考えられる。
 外部委託のイメージを図 C1 に示す。

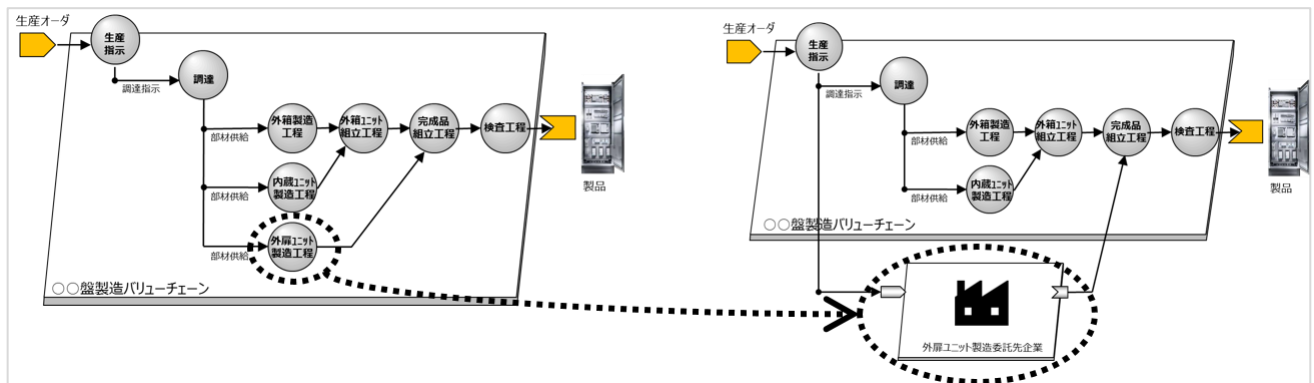


図 C 1 代替バリューチェーン設計のイメージ（外部委託）

委員名簿

WG1 ビジネスアーキテクチャ 2030

	氏名	組織名
(主査)	福住 光記	富士電機株式会社
(委員)	高永 明	伊東電機株式会社
	田崎 朋伸	山洋電気株式会社
	日下部 宏之	東芝インフラシステムズ株式会社
	杉森 久容	東芝三菱電機産業システム株式会社
	青木 崇	株式会社日本政策投資銀行
	佐無田 啓	株式会社日本政策投資銀行
	槇原 正	パナソニック株式会社
	苗村万紀子	株式会社日立産機システム
	小倉 信之	株式会社日立製作所
	成國 哲仁	富士電機株式会社
	北山 健志	三菱電機株式会社
	茅野 眞一郎	三菱電機株式会社
	山岡 匠	株式会社明電舎
	包原 孝英	株式会社安川電機
	富田 浩治	株式会社安川電機
	水上 潔	ロボット革命イニシアティブ協議会
(事務局)	佐野 正浩	一般社団法人日本電気工業会
	本松 修	一般社団法人日本電気工業会

上記の委員名簿は、組織名の五十音順、氏名の五十音順にて記載した。