

JOP-11-2

平成10年度  
F Aオープン推進協議会

生産システムモデル専門委員会  
成果報告書

平成11年5月

財団法人 製造科学技術センター

## F Aオープン推進協議会 生産システムモデル専門委員会

### 委員名簿（平成10年度下期）

委員長	福田 好朗	法政大学 工学部 経営工学科 教授
副委員長	松家 英雄	産能大学 経営情報学部 情報学科 教授
委員	松田 三知子	神奈川工科大学 工学部 情報工学科 教授
委員	朝守 始郎	東洋エンジニアリング(株) 総合技術センター IMS研究室
委員	大石 重雄	豊田工機(株) 技術研究所 研究開発部 情報技術開発室 主担当員
委員	大内 定美	三菱電機(株) 産業システム研究所 FAシステム開発部 第1グループ 主事
委員	岡野 彰	日本アイ・ビー・エム(株) 製造インダストリーソリューション 主任研究員
委員	黒岩 恵	トヨタ自動車(株) ITエンジニアリング部 主査
委員	鳥井 恭	日本電気(株) 生産システム開発本部 第3技術部 部長
委員	長尾 陽一	川崎重工業(株) 電子・制御技術開発センター ロボットプロジェクト部 システムグループ グループ長
委員	二村 祐地	三菱電機(株) 情報技術総合研究所 リアルタイムシステム部 主事
委員	前田 隆	プラティナム・テクノロジー(株) SR部 担当部長
委員	宮川 重雄	(株)山武 制御機器事業部 マーケティング第2部 マネージャ
委員	宮本 宏行	清水建設(株) エンジニアリング本部 情報エンジニアリング部
事務局	村野 祐正	(財)製造科学技術センター 国際標準部 部長

## 旧委員名簿（平成9年度～平成10年度上期）

委員長	福田 好朗	法政大学 工学部 経営工学科 教授
副委員長	松家 英雄	産能大学 経営情報学部 情報学科 教授
委員	松田 三知子	神奈川工科大学 工学部 情報工学科 教授
委員	朝守 始郎	東洋エンジニアリング(株) 総合技術センター IMS研究室
委員	芦田 暁	(株)日立製作所 システム事業部 CIMシステム部 技師
委員	岡本 正規	松下電器産業(株) 機械研究所 制御要素開発部 制御第二グループ 技師
委員	川合 成治	富士ファコム制御(株) システム生産技術部 部長
委員	楠 和浩	三菱電機(株) 情報技術総合研究所 ネットワークコンピ ューティング部 主事
委員	小林 武郎	ユアサ商事(株) 技術本部 第一チーム 部長
委員	近藤 達夫	松下電工(株) 制御システム事業部 制御システム商品部 課長
委員	佐々木 勤	(株)大林組 エンジニアリング本部 生産施設プロジェク ト第一部 課長
委員	塩原 康壽	(株)東芝 府中工場 電力・産業システム技術開発センター 情報処理・通信技術担当 主幹
委員	須智 眞	(株)ソフィックス 特定システム部 取締役 部長
委員	田代 泰彦	(株) 牧野フライス製作所 技術開発センタ S3グループ
委員	立田 勝男	ホンダエンジニアリング(株) 研究開発部門 12K 技術主幹
委員	鳥井 恭	日本電気(株) 生産システム開発本部 第三技術部 部長
委員	長尾 陽一	川崎重工業(株) 電子・制御技術開発センター ロボットプロジェクト部 システムグループ グループ長
委員	古畑 智武	日本アイ・ビー・エム(株) APソリューション開発
委員	堀田 茂雄	豊田工機(株) 電子機器部 制御ユニット設計室 室長
委員	前田 隆	プラティナム・テクノロジー(株) SR部 担当部長
委員	吉川 典雄	オムロン(株) インダストリアル事業グループ 技術統括 センタ 技術開発センタ 第3技術開発課 担当課長
事務局	村野 祐正	(財)製造科学技術センター 国際標準部 部長

## 目次

委員名簿（平成10年度下期）	i
旧委員名簿（平成9年度～平成10年度上期）	ii
1 序	1
2 MESA INTERNATIONALのMES白書	3
2.1 白書1 [MESの効用に関する企業からの報告]	3
2.2 白書2 [MESの諸機能ならびにMRPからMESへのデータフロー]	3
2.2.1 MRP II とMES間のデータフロー	4
2.2.2 MESの諸機能	4
2.3 白書3 [制御層の定義とMESから制御層へのデータフロー]	5
2.3.1 生産システムの階層モデル	5
2.3.2 MESと制御層間のデータフロー	5
2.4 白書4 [MESソフトウェアの評価・選定法]	6
2.4.1 MESソフトウェアを企業に導入する際の手順	6
2.5 白書5 [生産実状況駆動型の生産管理]	8
2.5.1 生産管理システムの変遷	8
2.5.2 生産実状況駆動型アプローチ	8
2.6 白書6 [高い視点からのMES説明]	9
2.6.1 MESを用いた情報処理モデル	9
2.6.2 MESと他システムとの関係	10
2.6.3 MESの技術動向	10
3 MESに関するOMGの活動状況	11
3.1 概要	11
3.1.1 OMGとその標準化プロセス	11
3.1.2 MESに関するFRIとResponses	12
3.2 SIMA Reference Architecture Part 1:Activity Models	13
3.2.1 SIMA Reference Architecture Part 1: Activity Models	13
3.2.2 パート1 : Activity Model	13
3.3 NIIP SMART/MESA Response to MDTF RFI-3 MES	15
3.3.1 前文	15
3.3.2 MESモデル:	15
3.3.3 ケーススタディ	16
3.3.4 標準	18
3.4 ボーイングのOMG RFI-3について	19
3.4.1 概要:	19

3.4.2	.MESの定義に関して： .....	20
3.4.3	参照モデルの選択に関して： .....	20
3.4.4	.MESソリューションの分類に関して： .....	21
3.4.5	MESケーススタディに関して： .....	22
3.4.6	適切な標準に関して： .....	22
4	OPEN MESフレームワーク .....	24
4.1	はじめに .....	24
4.2	開発手順 .....	25
4.2.1	調査結果 .....	25
4.2.2	分析モデル .....	26
4.2.3	実装モデル .....	27
4.3	オープンMESの概要 .....	28
5	旧専門委員会の活動概要 .....	31
5.1	生産システムモデル専門委員会とモデルWGの活動概要 .....	31
5.1.1	目的 .....	31
5.1.2	活動項目 .....	31
5.1.3	モデルの対象範囲 .....	31
5.1.4	具体的な対象 .....	31
5.1.5	FMS運用の流れ .....	31
5.1.6	FMSデータ種類 .....	32
5.1.7	オブジェクトモデルの原型 .....	32
5.2	実装検討WGの活動概要 .....	51
5.2.1	活動目標 .....	51
5.2.2	プログラミング言語と開発環境 .....	51
5.2.3	オブジェクトモデルの表記法（UML） .....	52
5.2.4	CASEツール環境化でのモデル策定 .....	59
6	参照資料 .....	62

# 1 序

生産システムモデル専門委員会では、生産システムのソフトウェアのオープン化を目指して活動を行っている。生産システムのソフトウェアは、それぞれの工場の製品、生産管理方式、設備などによって独自のシステムを作成しなければならない。そのため、標準的なパッケージソフトウェアを独自のシステムに適用することができず、開発費が高んできている。最近のように、分散環境で生産システムを構成しようとする場合、ソフトウェアの開発費の占める割合が大幅に大きくなってきている。また、既に出来上がったソフトウェアを新しい設備とつなげる場合に大幅な変更を強いられることになる。このような状況を打破するためには、標準的な生産システム用のパッケージソフトウェアを開発するためのモデル、さらにそれらを結合する標準的なプラットフォームが必要となる。

本専門委員会では、1997年にこれらの概念を構成するための活動を行って、そのようなモデルとプラットフォームの可能性を検討した。ここでは、図1.1のような構成の可能性があることを明らかにした。（5章参照）

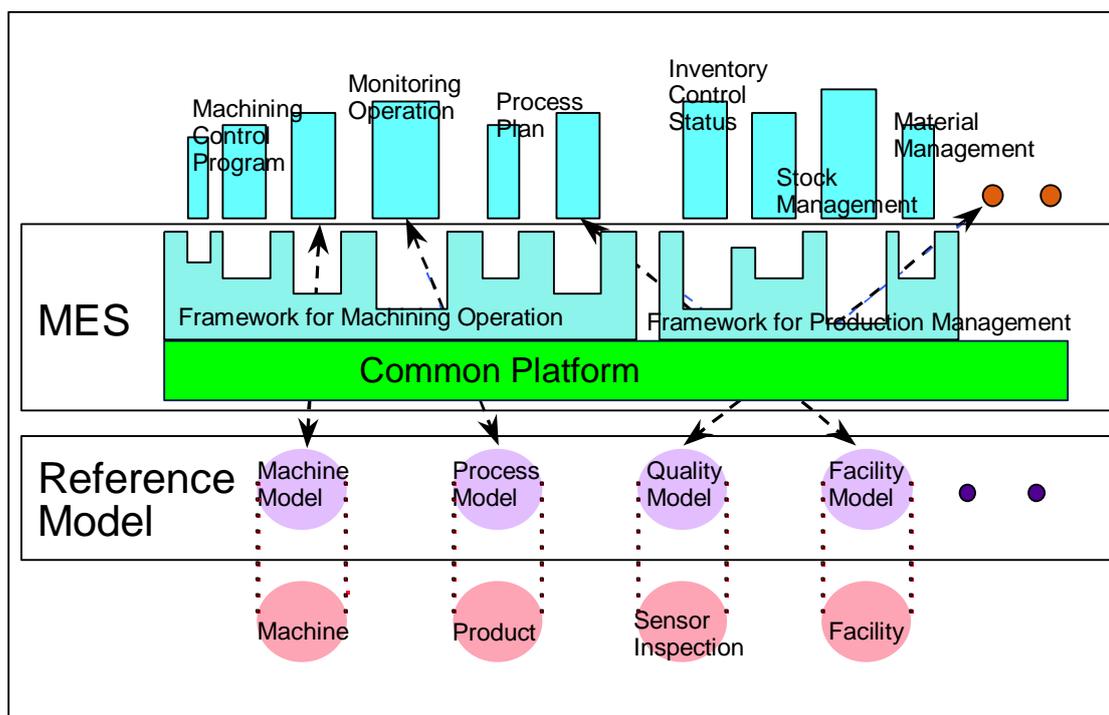


図 1.1 モデル専門委員会の概念図

その後、1998年にMES Internationalから、同様な概念のMES (Manufacturing Execution System) の提案がなされ、OMGのManufacturing Task ForceでCORBAを用いたMESのCall for Contributionが出され多くの提案がなされている。また、(財)製造科学技術センター(MSTC)においても情報処理振興事業協会(IPA)の援助のもとにOpenMESの開発を行ってきた。このOpenMESの開発に専門委員会の一部のメンバーが参加したことにより、専門委員会の活動を一時中断した。その後、新しいメンバーで専門委員会を再発足した。

再発足した本専門委員会では、MESA Internationalの白書に関する調査(第2章)、OMGにおけるMESに関する活動の調査(第3章)、そしてMSTCのOpenMESに関する活動の調査(第4章)を行った。

今後、本専門委員会では、MSTCが開発したOpenMESを基本とした生産システムモデルの提案を行って行く予定である。

本報告書は、一時中断した期間を含めたこれらの2年間の活動をまとめたものである。

## 2 MESA INTERNATIONAL のMES 白書

### 2.1 白書1 [MESの効用に関する企業からの報告]

MES は、昨今では多様な業種の製造業において採用されており、特に航空機、自動車、半導体、医薬品、ならびに石油化学などの業界で利用されるようになってきている。これは、MES が熾烈な国際競争の中で製造業の生産性を向上させるためのキーテクノロジーの一つとみなされるようになってきたからである。企業全体の経営が主として長期的なものを対象とするのに対して、MES は短期的に非常に高い効果を挙げうる道具として期待が高まっている。

MESA INTERNATIONAL では、MES の効用に関して様々な業界の企業に対してアンケート調査を 1993 年と 1996 年の 2 回にわたって実施した。質問に対する回答の中で注目すべき点を以下にまとめる。

#### 1) 生産現場作業関連

- ・生産サイクルタイム：平均 35%短縮
- ・生産管理用データ入力時間の短縮：平均 36%短縮
- ・製品品質の向上：欠陥品の比率を平均 22%削減
- ・管理者の監督を頻繁に受けずとも現場作業員だけで生産ラインを運用可能
- ・現場作業員は必要な情報を必要な時に入手できるようになり、待ち時間が短縮

#### 2) 生産計画関連

- ・顧客要求に対する柔軟性の増大と迅速な生産体制の構築が可能
- ・コスト上昇を招かずにより大量の製品供給が可能
- ・特急品の割り込みなどの外乱に対しても納期の順守が容易

#### 3) 企業経営関連

- ・投資回収期間の短縮
- ・利益率の向上

### 2.2 白書2 [MESの諸機能ならびにMRPからMESへのデータフロー]

MES は、上位層の計画システムならびに下位層の生産設備制御装置群とインタフェースを取り、下位層から収集した情報に基づき上位層で作成された計画とのギャップを埋めることにより、精度の高い生産管理を実現する。

### 2.2.1 MRP II と MES 間のデータフロー

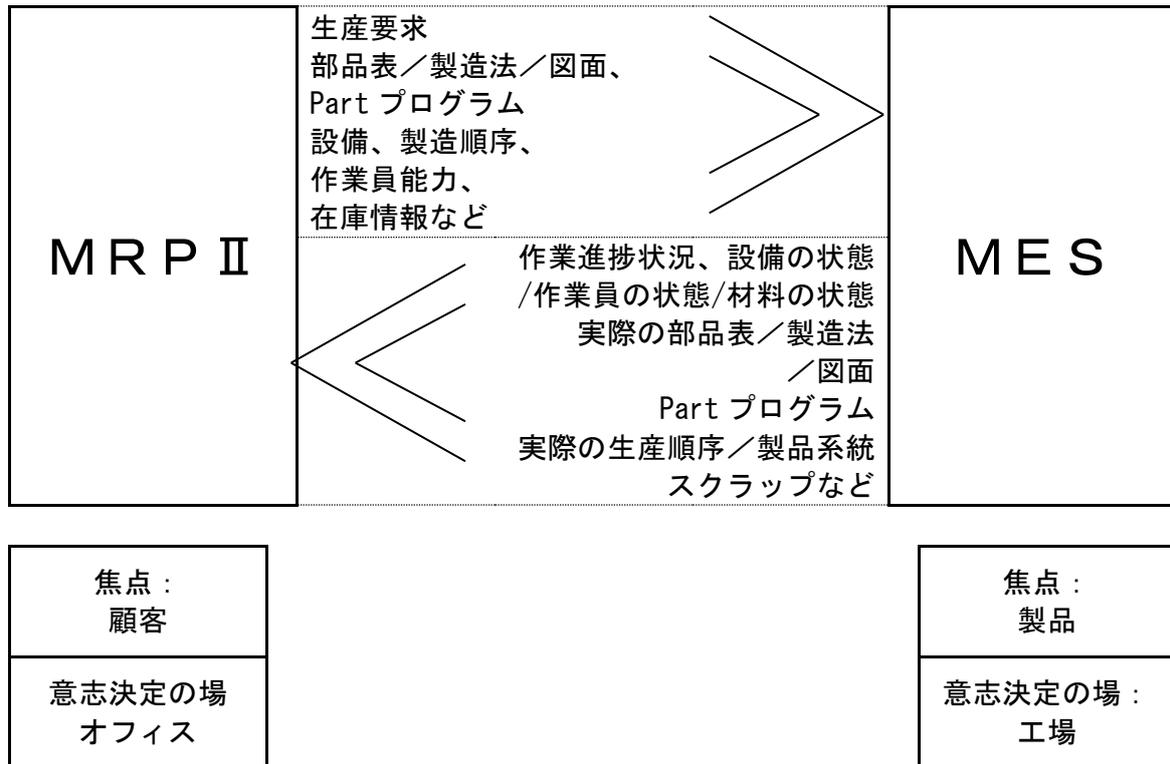


図 2.1 MRP II と MES 間のデータフロー

### 2.2.2 MES の諸機能

- 1) 生産設備の管理 (設備の使用履歴蓄積、使用設備の状態確認)
- 2) 作業の詳細スケジューリング
- 3) 原料／仕掛品／製品の管理 (工程変更を含む)
- 4) 文書管理 (作業指示票の出力など)
- 5) 情報収集 (生産作業に関する最新情報)
- 6) 作業管理 (生産準備作業の追跡などを含む)
- 7) 製品品質管理 (リアルタイムの計測と解析)
- 8) 生産工程の管理 (生産の監視)
- 9) 生産設備のメンテナンス管理 (生産設備のモニタリング)
- 10) 生産加工状況の把握 (投入ワークの追跡)
- 11) 生産システムの性能解析 (設備稼働率、生産サイクルタイムなど)

## 2.3 白書3 [制御層の定義とMESから制御層へのデータフロー]

### 2.3.1 生産システムの階層モデル

MES統合化企業モデルにおいては次の3つの階層が存在するが、MESはこれら3階層を情報交換により密接に結合する。

- 1) 計画層：企業の会計、金融等の計画システム
- 2) 実行層：工場レベルの調整／トラッキングシステム（MES）
- 3) 制御層：工場フロアの生産設備制御装置群

### 2.3.2 MESと制御層間のデータフロー

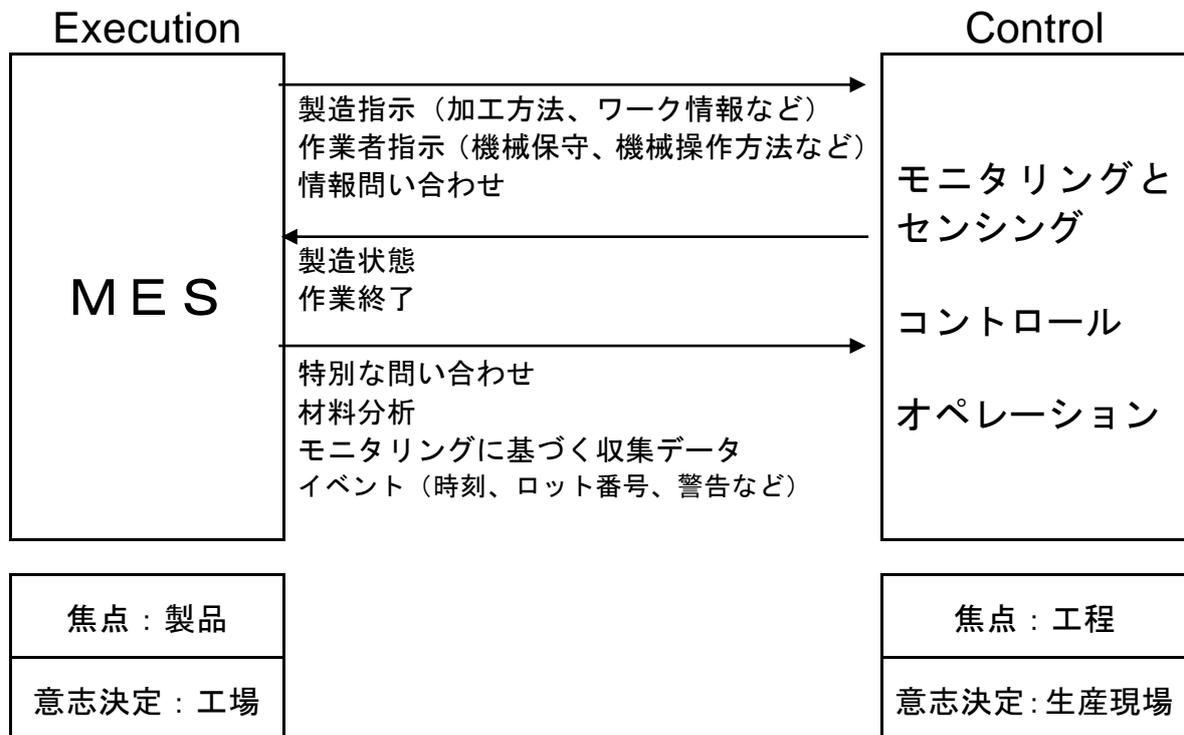


図 2.2 MESと制御層間のデータフロー

## 2.4 白書4 [MESソフトウェアの評価・選定法]

### 2.4.1 MESソフトウェアを企業に導入する際の手順

#### 1)MESのニーズ分析

企業にとってのMESの必要性を分析し、MESに対する目的と要求を明確化

#### 2)市販ソフトの評価／選定チームの選抜

コンサルタントもしくはシステムインテグレータを加えて編成

#### 3)要求仕様の詳細化

システムのインタフェース、機能、操作性などの仕様を明確化

#### 4)製品／業者の第1次選定表

要求仕様を満足する製品／業者をリストアップ

#### 5)提案書作成依頼

製品／業者を絞り込むために業者にシステム提案書の作成を依頼

#### 6)業者面接

業者の力量、将来性等を判断するために面接を実施

#### 7)最終選定

機能面、技術面、コスト面などを総合的に評価して選定

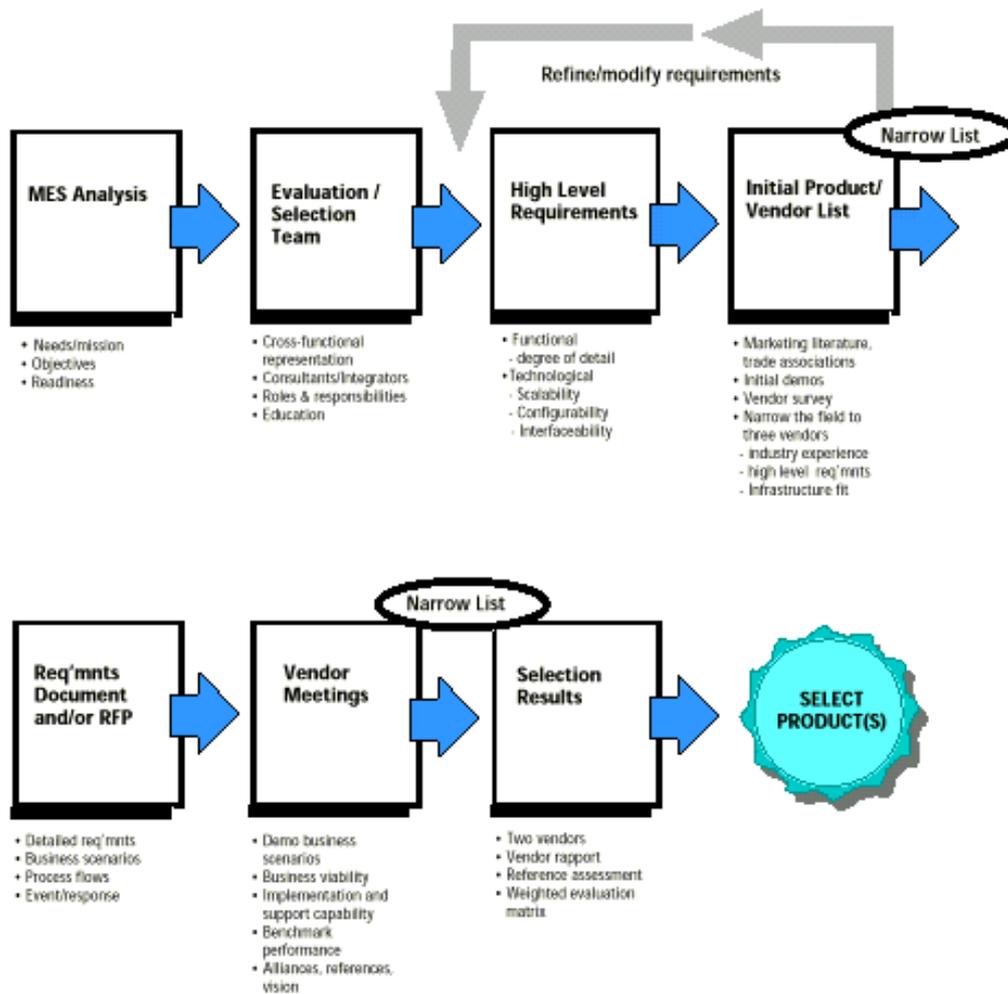


図 2.3 MES ソフトウェアの評価と選択プロセス

## 2.5 白書5 [生産実状況駆動型の生産管理]

### 2.5.1 生産管理システムの変遷

- 1) 1960年代後半～70年代前半 MRP 登場
- 2) 1970年代後半～80年代前半 MRPⅡ、DRP（配送資源計画）、MES（≠I-MES）登場
- 3) 1980年代後半～90年代前半 I-MES や SCM（Supply Chain Management）登場  
（「情報の孤島問題」の解決）
- 4) 1990年代後半 MRPⅡの機能をMESに取り込むなど、システムの境界がはっきりしなくなってきた。これらのシステムは相互運用性の向上や標準化の進展により、必要に応じて機能を自由に組み合わせて実現できるようになってきた。

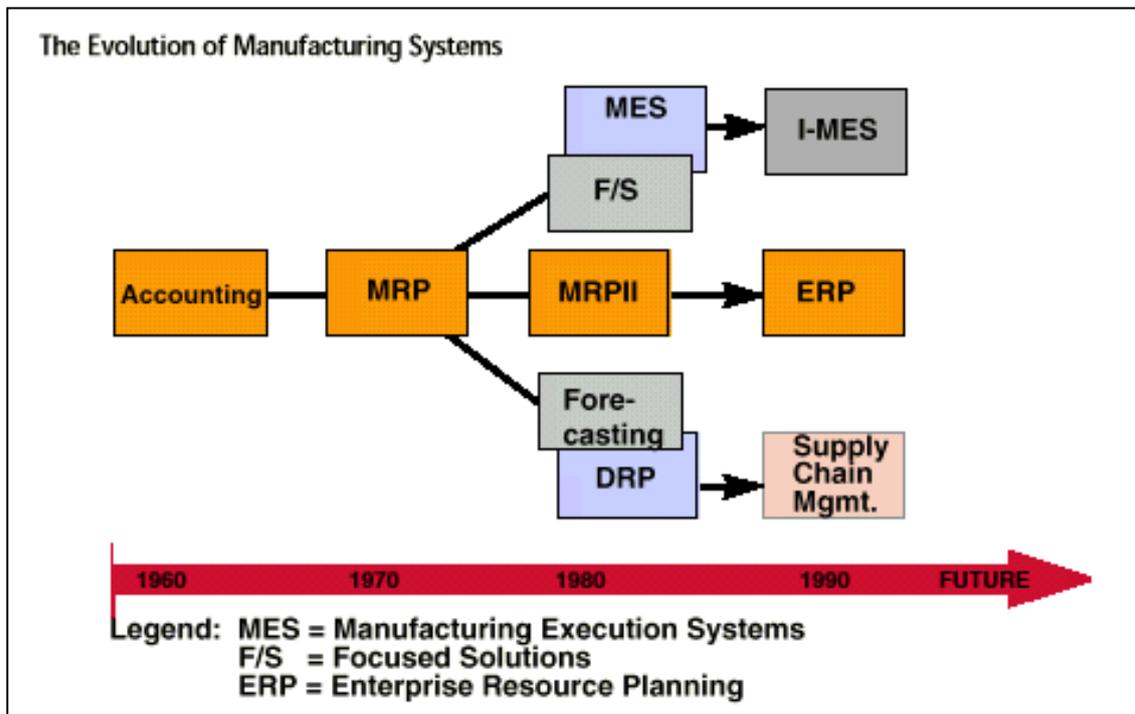


図 2.4 生産システムの進展

### 2.5.2 生産実状況駆動型アプローチ

製造業は計画指向型アプローチから生産実状況駆動型アプローチに移行しようとしている。MESは後者のアプローチを可能にする。生産実状況駆動型アプローチを採用

することにより、従来の MRP などでは実現できなかったリアルタイムの生産管理が可能となり、生産のプル環境を実現し、次のようなメリットを享受することができる。

- 1) 生産状況をリアルタイムにモニタリングできるため、再スケジューリングが容易
- 2) クリティカルな作業に備えるための在庫、メンテナンス要員の待機などを削減
- 3) 生産リードタイム短縮、生産性向上

## 2.6 白書6 [高い視点からのMES説明]

### 2.6.1 MESを用いた情報処理モデル

図1に、生産システムにおける情報処理モデルを従来の場合とMESを用いた場合とで比較したものを示す。MESを用いることにより、紙による情報伝達や熟練技能者の計画管理技術の伝承が不要になる

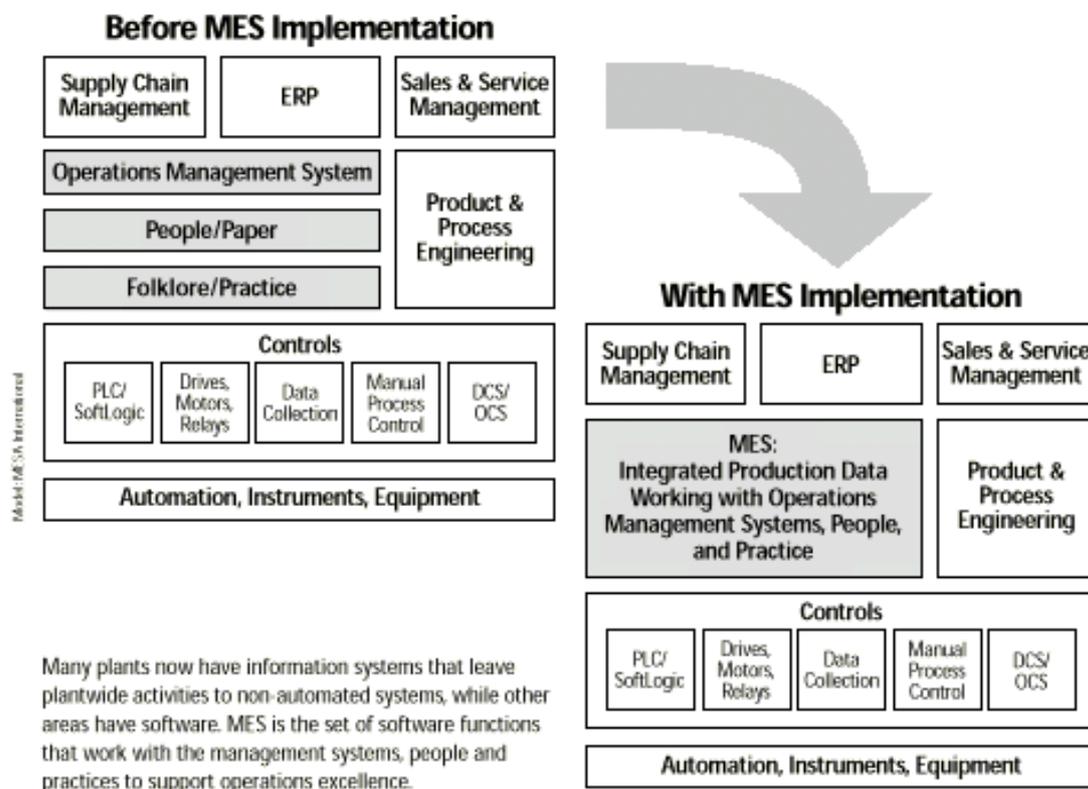


図 2.5 生産システム情報モデル

### 2.6.2 MES と他システムとの関係

MES は生産システムにおける SCM、ERP などの他の情報処理システムと互いに関係を持ち、情報交換を行う。

(例)

MES→ERP：生産サイクルタイム、スループットなどの生産現場の実績情報

MES→生産設備制御装置：生産設備全体の最適性を考慮したワーク加工方法、加工指示など

ERP→MES：大中日程生産計画

生産設備制御装置→MES：生産実績情報のベースとなる情報

MES は他のシステムと機能的にオーバーラップしている。

(例)

SCM、MES：小日程スケジューリング機能

生産設備制御装置、MES；データ収集機能

機能的にオーバーラップしているが、MES は対象とする生産システム全体の生産性向上を目的とするという点で他のシステムと異なる特徴を持つ。

### 2.6.3 MES の技術動向

MES の特徴：

- 1)ネットワーク上で多数のユーザがアクセス
- 2)複数製品の結合により MES を構成
- 3)ERP、SCM、生産設備制御装置との連携

↓

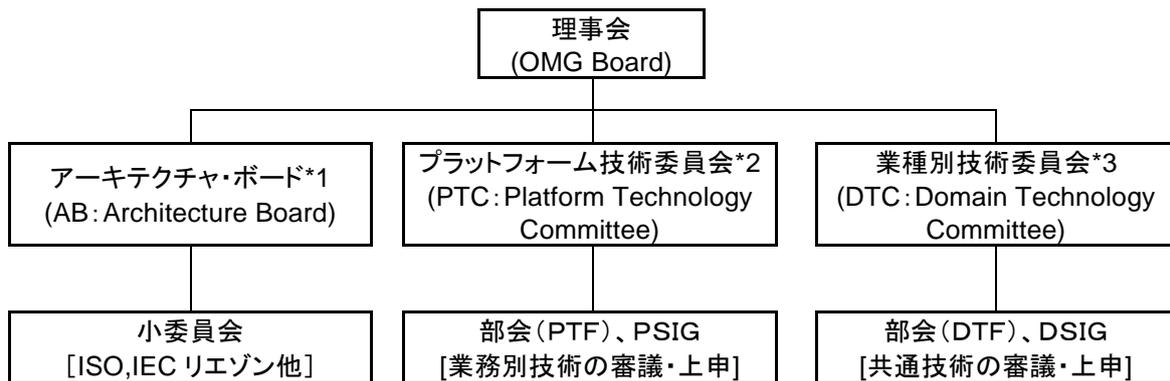
- 1)API の整備
- 2)オブジェクト指向、エージェント指向技術の導入
- 3)CORBA 等の標準インタフェースの利用

### 3 MES に関する OMG の活動状況

#### 3.1 概要

##### 3.1.1 OMG とその標準化プロセス

OMG の運営上の組織構成を 図3.1 に示す。理事会を最高決定機関として、その下に設置されるアーキテクチャ・ボード、プラットフォーム技術委員会、業種別技術委員会から構成される。



- 注 \*1 CORBA の全体の整合性を考えて各部会からの提案事項を審議し、提案内容が不十分であれば変更修正を要求する。  
\*2 ORB や CORBA サービス、ファシリティなど共通技術に関する審議、決定機関である。  
\*3 製造、金融、通信など業種別の技術に関する審議、決定機関である。

図 3.1 OMG の組織構成と役割

技術が採択される過程の標準的なパターンを 図3.2 に示す。

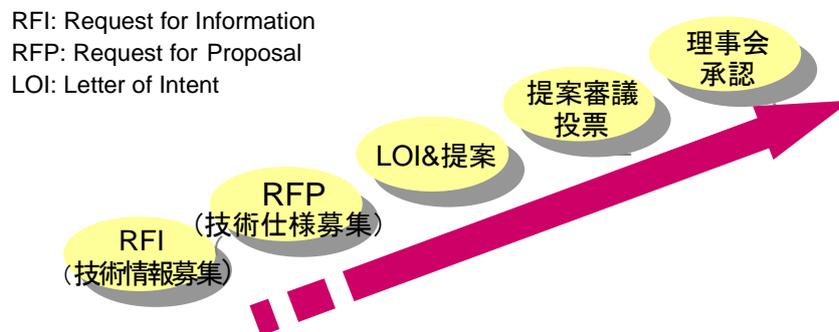


図 3.2 OMG における標準化の基本的なパターン

### 3.1.2 MESに関する FRI と Responses

OMG の製造部会(MfgDTF)が、MESに関する RFI-3 を発行しているが、これに対して表 3.1 の対応が寄せられている。

表 3.1 Summary of responses to OMG RFI-3:MES

Respondent / Subject	NIST	SEMATECH /Fraunhofer	Boeing	MESA / IBM / NIIP	Consilium	Shell Services
<b>MES Definition</b>	*** Refined MESA	** Provided context of MES	** MESA	** MESA		***
<b>Selected Reference Model</b>	** SIMA	** SIMA as back ground	*** SIMA + Boeing Domain Context	** - SIMA	** - SIMA ( not needed)	** SIMA+ Lifecycle & Company context
<b>MES Solutions Partitioning</b>	***	*** CIMFW	***	** MESA disciplines	** CIMFW	***
<b>Examples &amp; Case Studies w/ in MES</b>		*	*** Usage models	*		
<b>Examples &amp; Case Studies external</b>		*				
<b>Appropriate Standards</b>	*	**	** Data formats	**		**
<b>Roadmap</b>	***	***		***		***
<b>Additional Information (Yes/ No)</b>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<b>Concepts</b>	Refined MESA functional views; Data categories to MES activities; Object model; business objects	BOCA; BOF Interop; Workflow Mgmt Coalition; Business Objects; CDL	Use Cases; Business Object Services	MES Business Objects; Enterprise Policy; Enterprise procedures; Workflow; "Heartbeat"; Events	CIMFW; Emphasis on CORBA services; DTF objectives; Infrastructure requirements	EPISTLE; Business Objects; PPEAM Activity Model; Lifecycle/ Views;
*Provided references						
**Indicated direction						
*** Proposed direction						
<b>Documents</b> Reference Model ● SIMA Reference Architecture Part 1: Activity Models	NIST Response to MES Request for Information	● Response to the MfgDTF RFI-3 MES ● Ditto OHP ver. ● Prism Tech's Implementation of a Mfg Framework : Experience & Recommendation	● Response to OMG RFI-3 : MES ● Boeing's Response to the MES RFI	● NIIP SMART / MESA Response to RFI-3 MES	● Letter : Consilium's response to the MfgDTF MES RFI-3	

## 3.2 SIMA Reference Architecture Part 1: Activity Models

### 3.2.1 SIMA Reference Architecture Part 1: Activity Models

SIMA: Systems Integration of Manufacturing Applications

このドキュメントは、「電気機械部品のデザイン領域・製作領域・組立領域」の製造ソフトウェア統合（インテグレーション）に関する参照アーキテクチャ個々の定義である。参照アーキテクチャは、NISTの（SIMA）プロジェクトである（付録Aに示す）。SIMAプロジェクトの範囲は、設計工学、製造、エンジニアリング、生産システム、生産アクティビティに制限されている。つまり製造企業の製品計画などの領域はプロジェクトの範囲の中になく、また参照アーキテクチャに含まれない。

参照アーキテクチャを以下の3つのパートに分ける。

（このドキュメントはパート1について述べられている）

<b>Part 1 : the Activity Model</b>	共通アクティビティのモデルを提示する。 （生産プロセス、情報フロー）
<b>Part 2 : the Systems Model</b>	製造アプリケーションシステムの識別 （人／自動化、それらのアクティビティの振る舞い及びインターフェースに要求される識別された情報フロー）
<b>Part 3 : the Information Models</b>	オブジェクトの詳細、インターフェース内で現れる情報の正式な定義

（製造アプリケーションソフトウェアシステムの要求する）関数とインタフェースを確認することがSIMAアーキテクチャプロジェクトの目標に向かって第1ステップとなる。

参照アーキテクチャに従う製造アプリケーションソフトウェアは、一層のアーキテクチャ改善があるだろう。（我々はそれを特定のソフトウェア、ハードウェアシステム、オプション選択および構成を明らかにする“an Implementation architecture”と呼ぶ）。

### 3.2.2 パート1 : Activity Model

このパートでは、参照アーキテクチャの主要なアクティビティについて記述する。

例えば、電気-機械の製品の生産に従事している製造企業のエンジニアリング・製造アクティビティである。他の見方としての、企業の製品計画、流通、メンテナンスはここで

モデル化されない。それらとの関係が適切であるところでモデル化されるが、ここではモデル化されない。エンジニアリングと生産フェーズ領域のマネジメントアクティビティはモデル化されるが、詳細なモデル（ビジネスルールなど）を含んだものではない。

アクティビティモデルの1番目の目標は、効率的かつ有効に技術アクティビティが振る舞う為に必要な情報フローを識別することである。2番目の目標は(すぐ入手できる)ソフトウェアシステムによってサポートされるそれらのアクティビティを選別することである。第1・2目標は相互に、SIMAアーキテクチャプロジェクトの目指す第一ステップ（製造アプリケーションソフトウェアシステムに必要である関数とインタフェースを識別すること）を示す。モデルは電気-機械の製品の製造にかかわるほとんどの組織に共通のアクティビティと情報流を記述する。結果として、モデルは、関数と情報フローの両方の仕様でいくらか抽象的である傾向がある。

モデルは、IDEF0 FIPS183によって定義された正式のメソッドと図のテクニックを使用して記述した。ダイアグラムの規約は付録Bにまとめてある。

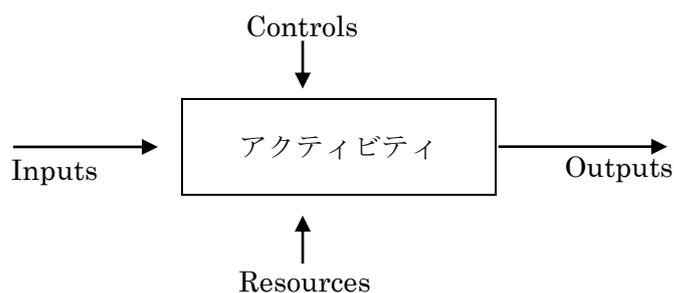


図 3.3 モデルの記述

原文 Page 3 以降は、IDEF0 記述によるモデル（アクティビティ）の説明となる。それぞれのアクティビティを3階層までの深さで表現している。

(抜粋) A1:	Design Product
A11:	Plan Products
A12:	Generate Product Specifications
A13:	Perform Preliminary Design
A131:	Develop Functional Decompositions
A132:	Evaluate and Select Decomposition
(各アクティビティの詳細は、原文参照のこと)	

SIMA プロジェクトの総合的な目的はオープン・アーキテクチャを工業界に提供し、製造の実プロセスをサポートするための統合システム（商業的に利用可能なソフトウェアとハードウェアパッケージから造られる）の実装を容易にする仕様である。

### 3.3 NIIP SMART/MESA Response to MDTF RFI-3 MES

#### 3.3.1 前文

市場に新製品と供給する能力は成功への試金石になっている。市場で勝ち抜くためのスピードと柔軟性を認識しながらも、企業は新しい自動化へ投資する金と時間がない。NIIP SMART (National Industrial Information Infrastructure Protocols Consortium's Solutions for MES Adaptable Replicable Technology)は企業内／間で MES/EIS を統合・相互運用できる情報インフラを開発してきた。これらの開発の目的は、適用性のある統合的な生産システムである。

NIIP SMART は客、MES ベンダ、技術者を含む製造に関する幅広い関心を反映している。目的は標準から容易に適用できる MES へのアプローチを開発することであり、US 製造業の強化に役立つ。

#### 3.3.2 MES モデル:

「MES は発注から製品までの生産活動を最適にする情報を配信する。現在の正確な情報を使って、MES は工場の活動についてそれが発生する都度、応答する。変化への迅速な応答は、付加価値を生まない活動の削減と併せて、効率的な工場運営につながる。MES は配送、在庫、運用資産をの改善に役立つ。MES は双方向のコミュニケーションを通して、企業やサプライチェーンをまたがった生産活動に関する重要な情報を提供する。」

(MESA International, 1998)

フレームワークは相互運用性を考えると、多くの視点を許容する必要がある。NIIP SMART は MESA モデルを使いたい (図 3.4 参照)。

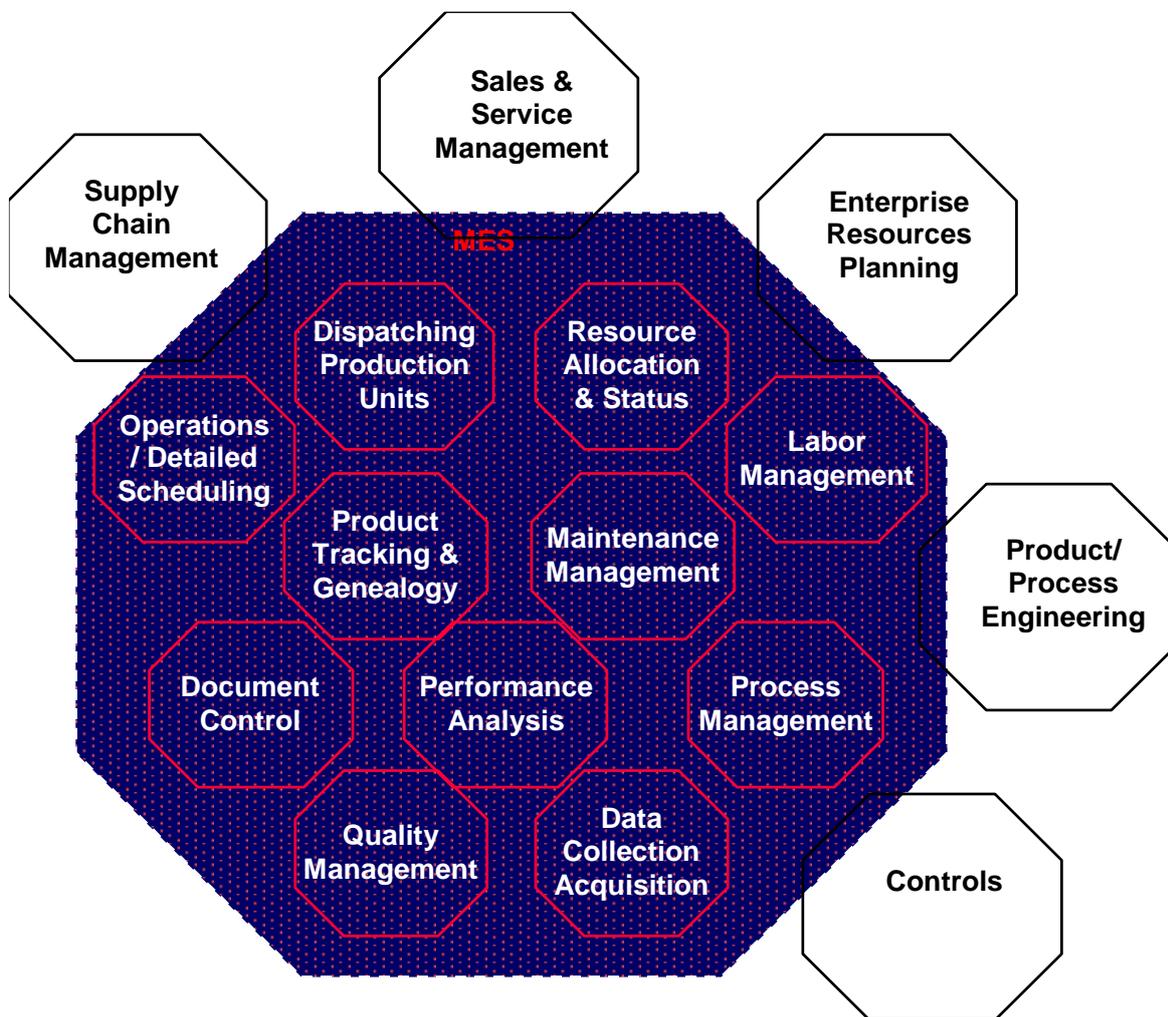


図 3.4 MESA機能モデル

MESA モデルの魅力はその分類へのアプローチにあり、多くの製造管理の現状や MES 適用製品に一致するような機能分野を識別している。

### 3.3.3 ケーススタディ

#### (1) 目的

NIIP SMART は企業内／企業間の MES と EIS (Enterprise Information System)の統

合や相互運用性を可能にする情報インフラを開発している。そのアーキテクチャはオフィスから工場までの製造技術情報環境を含む境界や通信プロトコルを定義するように作業中である。そして以下の目標を持っている。

- MES ソフトの開発コストの削減
- MES ソフトの所有コストの削減
- MES ソフトの利用の拡大
- MES ソフトの再利用の拡大
- MES の相互運用性
- Agile 生産、仮想企業

## (2) アプローチ

柔軟なアーキテクチャを作り出すためには関心を如何に分けるかが重要である。まず第1にプロセスモデルとデータモデルの識別がある。前者は、方針と手順、データの関与と作業者の関与に分けられる。後者はハードタイプ（機器）とソフトタイプ（NC 自動機器）に分けられる。

## (3) モデリング

NIIP SMART の分析では製造組織の機能がシンプルな繰り返しパターンであることを示した。

1. 何かが発生
2. 企業ポリシーが呼び起こされる
3. 企業手順が実行される
4. 手順の実行が何かを起こさせる      Step2 へ

NIIP SMART のアーキテクチャはこのパターンをモデル化している。

- 何か重要なことが起こったとき MES ビジネスオブジェクトは CORBA イベントをポストする責任がある（ビジネスオブジェクトは状態を生成、削除、変更する）
- 企業方針はこれらイベントに対応し、指定された条件のもとであるアクションを起こすビジネスルールに組み込まれる（ワークフローをスタートさせる、別のイベントを生成する、ビジネスオブジェクトと直接やり取りする）
- 企業手順がワークフローを通して組み込まれる。ワークフローはアクティビティを作業

者、監視者、承認者に分配し、後のタスクをスケジュールする。

- ワークフローはビジネスオブジェクトとやり取りする人やエージェントに割り当てられる。このやり取りはビジネスオブジェクトの状態の生成、削除、変更となる。この繰り返しサイクルは **heartbeat** として知られている。

NIIP SMART のアーキテクチャはオープンな企業標準プロトコルを使った NIIP 参照アーキテクチャに基づいている。CORBA インタフェースは異なるベンダ間の相互運用ができるような要求仕様になっている。また既存の環境や特定の環境での統合もできるようになっている。

#### (4) データモデリング

周辺データを扱うために標準インタフェースの **wrapper (adapter)** を使う。例としては、ERP、PDM、設計システム、機器制御とのやり取りがある。インタフェースのために API やフレームワークを定義した標準もある (OMG-PDM エネーブラ、ISO 10303(STEP), ISO 14649 (CNC9, OAG (ERP))

MES 内部のデータはモデリングの準備はできている。構成可能な MES データモデルを作ることにした。具体的なオブジェクトを扱い、メタオブジェクトを起こした。キー要素を識別しそれらをほとんどの場合に適用できた。これらは MES システムが通常動いているときに生成される。さらにモデルでソフトの特徴、構成、制約を定義した。これらは MES システムが構成されているときに作られる。

#### 3.3.4 標準

SMART プロジェクトでは標準を MES フレームワークの重要な一部と考えている。MES システム相互運用では次の標準が重要と考える。

##### I. ISO

- a. STEP – ISO 10303
- b. Data Model for CNC – ISO 14649

##### II. Workflow Management Coalition ( WfMC, OMG/Jflow)

##### III. Manufacturing Execution Systems Coalition

- a. Manufacturing Functional Model

#### IV. Object Management Group (OMG)

- a. OMG Business Object Framework
- b. OMG PDM Enablers
- c. OMG CORBA 2.0

#### V. Sun Microsystems (SUNSOFT)

- a. SUNSOFT Java Development Kit 1.2
- b. SUNSOFT Java RMI

### 3.4 ボーイングのOMG RFI-3について

#### 3.4.1 概要：

- 1) MES の定義に関しては、MESA の定義を推奨している。
- 2) 参照モデルの選択に関しては、NIST のSIMAモデルにボーイング独自の要素を加えている。
- 3) MESソリューションの分類に関しては、ボーイングが独自にビジネスオブジェクトというものを提案している。（この意見書の大部分が、ビジネスオブジェクトの説明である）
- 4) MESのケーススタディに関しては、ボーイング独自のビジネスオブジェクトにマッピングされた運用モデルによる実例を示している。
- 5) 適切な標準に関しては、ボーイング独自のビジネスオブジェクト4つに対して、データフォーマット標準を推奨している。

### 3.4.2 .MESの定義に関して：

- MESの定義は、MESAの定義を支持しており、以下の要素が記述されている。

- ①リソースの割り当てと状態（管理）
- ②製造ユニット（ジョブ、オーダー、バッチ、ロット等）のディスパッチ
- ③データ収集/獲得
- ④保守管理
- ⑤品質管理
- ⑥性能分析
- ⑦作業/詳細スケジューリング
- ⑧ドキュメント制御
- ⑨労務管理
- ⑩工程管理
- ⑪進捗管理

### 3.4.3 参照モデルの選択に関して：

- 参照モデルの選択は、NISTのSIMAモデルを支持しているが、航空機製造の立場から製造における詳細なMES周辺要素として以下の要素が記述されている。

- ①製造工程の改善
- ②機械と適応制御
- ③作業制御
- ④機器メンテナンス
- ⑤NCプログラミング
- ⑥データ収集
- ⑦計測
- ⑧製造データ管理
- ⑨計算機サービス

- ボーイングは、⑥データ収集と⑦計測を重要な位置付けとしている。

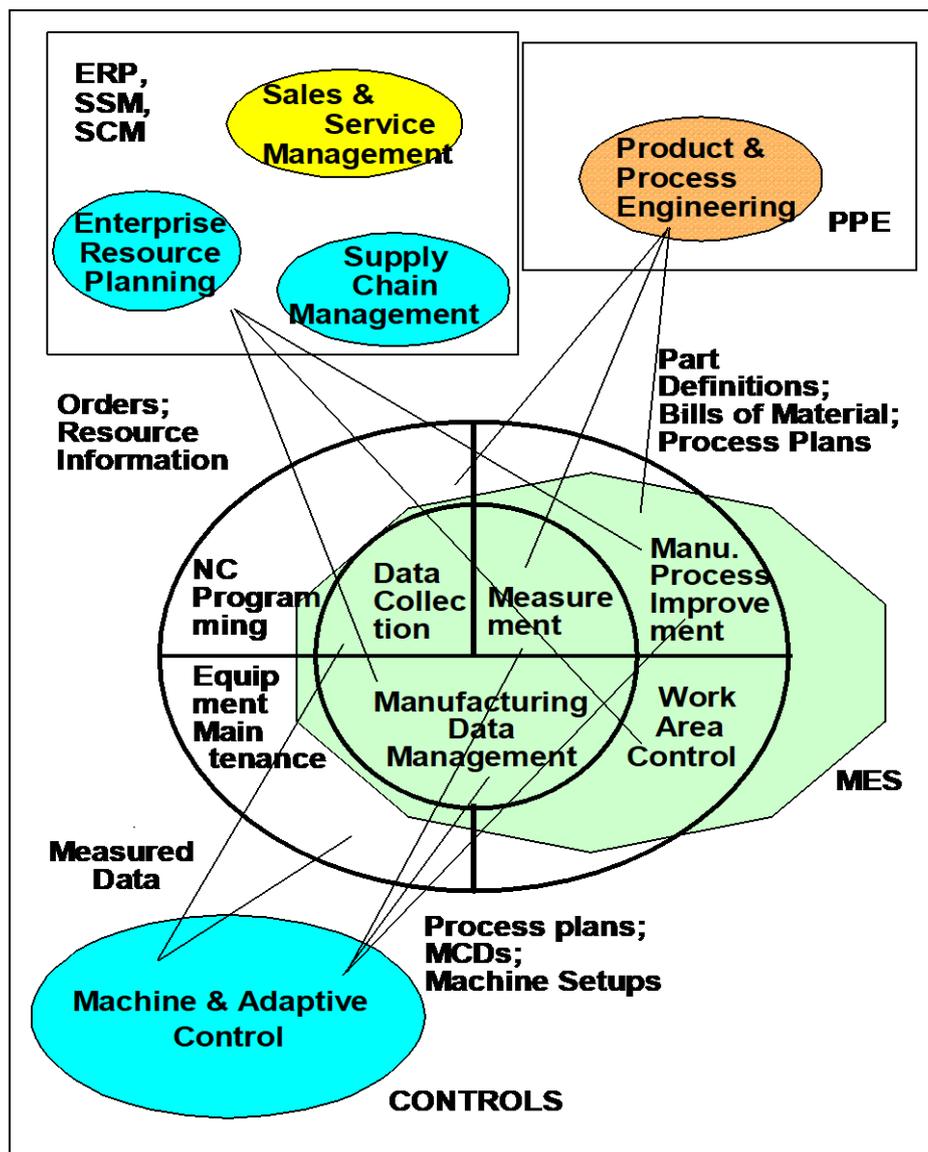


図 3.5 生産システムにおけるMESの位置づけ

#### 3.4.4 .MESソリューションの分類に関して：

•ボーイング独自で以下のビジネスオブジェクトを提案している。このオブジェクトは、UML(Unified Modeling Language)で詳細に表現されている。

- ①制御プログラム・ビジネスオブジェクト
- ②ドキュメント・ビジネスオブジェクト
- ③例外ビジネスオブジェクト：

・例外とは、予期しない結果あるいは計画されていない事象を意味する。

④ジョブ・ビジネスオブジェクト

⑤計測ビジネスオブジェクト

⑥オーダ・ビジネスオブジェクト：

- ・このオブジェクトはERPシステムのインタフェースの役割をする。

⑦計画ビジネスオブジェクト

⑧製品ビジネスオブジェクト：

- ・構成要素として部品ビジネスオブジェクトがある。

⑨要求ビジネスオブジェクト

⑩リソース・ビジネスオブジェクト：

- ・構成要素として、装置ビジネスオブジェクト、材料ビジネスオブジェクト、供給ビジネスオブジェクト、工具ビジネスオブジェクト、作業員ビジネスオブジェクト、作業規則ビジネスオブジェクトがある。

⑪スケジュール・ビジネスオブジェクト

⑫作業エリア・ビジネスオブジェクト

#### 3.4.5 MESケーススタディに関して：

- ケーススタディは、活用モデルの一部として作業エリア制御ドメイン、装置保守ドメイン、NCプログラミング・ドメイン、計測ドメイン、データ収集ドメインに関して詳細なテーブルを示している。

#### 3.4.6 適切な標準に関して：

- 計測ビジネスオブジェクト、計画・ビジネスオブジェクト、製品ビジネスオブジェクト、材料ビジネスオブジェクトに対して、以下の標準を推奨している。
- 計測ビジネスオブジェクトに対する標準：
  - ・タイトル①：座標計測インタフェース標準
  - ・ドキュメント番号：ANSI/CAM-I 101-1995
  - ・タイトル②：NC制御マシニングセンタの性能評価方法
  - ・ドキュメント番号：ANSI/ASME B5.54-1992
  - ・タイトル③：ターニングセンタの性能評価方法
  - ・ドキュメント番号：B5.57

- ・タイトル④：座標計測システムの性能評価方法
- ・ドキュメント番号：B. 89. 4. 10
- ・タイトル⑤：座標測定装置の性能評価方法
- ・ドキュメント番号：ASME B89. 4. 1-1997
- ・タイトル⑥：PDES/STEP
- ・ドキュメント番号：ISO10303
- 計画ビジネスオブジェクトに対する標準：
  - ・タイトル：PDES/STEP (AP213)
  - ・ドキュメント番号：ISO10303
- 製品ビジネスオブジェクトに対する標準：
  - ・タイトル①：PDES/STEP (AP203)
  - ・ドキュメント番号：ISO10303
  - ・タイトル②：PDES/STEP (AP204)
  - ・ドキュメント番号：ISO10303
- 材料ビジネスオブジェクトに対する標準：
  - ・タイトル：PDES/STEP (AP203)
  - ・ドキュメント番号：ISO10303

## 4 OPEN MES フレームワーク

### 4.1 はじめに

MES (Manufacturing Execution System) とは生産システムにおいて ERP 等からの生産計画および生産指示を受け、製造設備に作業指示を出し、実績収集、進捗管理を行なう工程管理を中心とした統制システムである。MES そのものはほとんどあらゆる生産システムに存在するが、その構築、調達において次の問題が存在する。

生産システムは、数多くのサブ・システムから構成されるが、標準化されたインターフェースが存在せず有機的に統合することが難しい。

- 生産システムは、他種類の製造設備から構成されるマルチ・ベンダー環境が普通であるが、製造設備を管理する標準的なインターフェースが存在しないため、個別の作り込みによって製造設備をシステムに取り込む必要がある。
- 生産現場の環境の多様さに起因する様々な特殊要件が存在するため、システムのパッケージ化が難しく、生産現場ごとに個別に作り直す必要がある。

こうした理由から、生産システムの開発・保守には多大なコストがかかり、また真に統合された生産システムが存在しないために、システム全体にわたる生産の最適化を計ることが困難となっている。

しかし実は MES には共通なモデルが存在し、そのモデルに従ったソフトウェア部品を用意することにより、個々の生産現場にあった MES の構築を、必要なソフトウェア部品の組み合わせとそのカスタマイゼーションによって行うことが可能であると我々は考えている。このようなアプローチの実現のためにオブジェクト指向を採用した。オブジェクト指向によって、生産システムをモデル化しソフトウェア部品に分解することができる。また同時に、これらのソフトウェア部品間の連携を定義することにより、構築される生産システムのテンプレートを予め与えることができる。このテンプレートは MES アプリケーションフレームワークと呼ばれ、新たな機能部品の追加や、既存機能部品の振る舞いの変更などにより、必要なカスタマイゼーションを容易に行うことが可能である。

MES アプリケーションフレームワークには機能面以外にも次の要件が存在する。

- 小規模な生産ラインから大規模な生産ラインまで対応できるスケーラビリティを持つこと
- ハードウェア、OS 等のプラットフォームに依存しないオープン性を持つこと

このため CORBA の分散オブジェクトを用い、複数のサーバにオブジェクトを分散させ、ま

た実装言語として **JAVA** を採用することによりスケーラビリティとオープン性を確保する。

こういった **MES** アプリケーションフレームワークを導入することにより、現場の情報化が実現し、必要なデータにどこからでもアクセスできるようなシステムを短期間・低コストでユーザ自身が構築することが可能になる。さらにこのような情報化を推し進めることにより、**ERP** (Enterprise Resource Planning)、**SCM** (Supply Chain Management)、設備制御システムと協調して最適な生産が実現可能となる。

## 4.2 開発手順

開発にあたっては、まず参考となる資料を調査した。専門委員会と同様に **OMG** の **Manufacturing Domain Task Force** から提出された **MES RFI** およびそれに対する **Response**、**MESA International** の **White Paper**、**SEMATECH**などを調査することにより、加工組み立ての **MES** フレームワークに対する要件を明らかにしようとした。次にユースケース法に基づいて **FMS** を中心にユースケースを列挙した。そのユースケースから分析モデルを作成し、最後に実装モデルを作成した。

### 4.2.1 調査結果

**MES** を対象としたフレームワークとしては、半導体生産関連メーカーが集まった **SEMATECH** によって策定された **CIM** フレームワーク [1] が知られている。半導体の生産は高度に自動化されており、このため製造装置のインターフェースや製造工程の標準化が早くから図られている。**SEMATECH** の **CIM** フレームワークもこのような環境に合わせて設計されている。これに対して、機械加工による生産は、製造設備のインターフェースの標準化も十分ではなく、ジョブショップとフローショップの混在、自動化ラインと人手による作業現場の混在など自動化のレベルもまちまちである。このため、こうした機械加工業界の生産環境により適合した **MES** モデルとして、**MES** アプリケーションフレームワークを設計する。

オープン **MES** では、モデル化の検討対象を以下の 3 つの領域に分けて検討した。

- 工作機械、ロボットなどの製造設備
- スケジューラや資材管理など **MES** を構成するアプリケーション
- 生産計画システムとのインターフェース

これらの領域ごとにコンポーネントを切り出して、ソフトウェアの部品化の単位を明らかにする必要がある。一方、それらのコンポーネント間で共有されるべきプロセスやデータをコアとして抽出し、そこに各コンポーネントがプラグ・インされる形をとればシステムとしての統合が容易になると考えられる。

以上の観点から、MES の構成要素を大きく 4 つの領域に分け、これを象徴的に下図のように表してリファレンス・モデルとした。

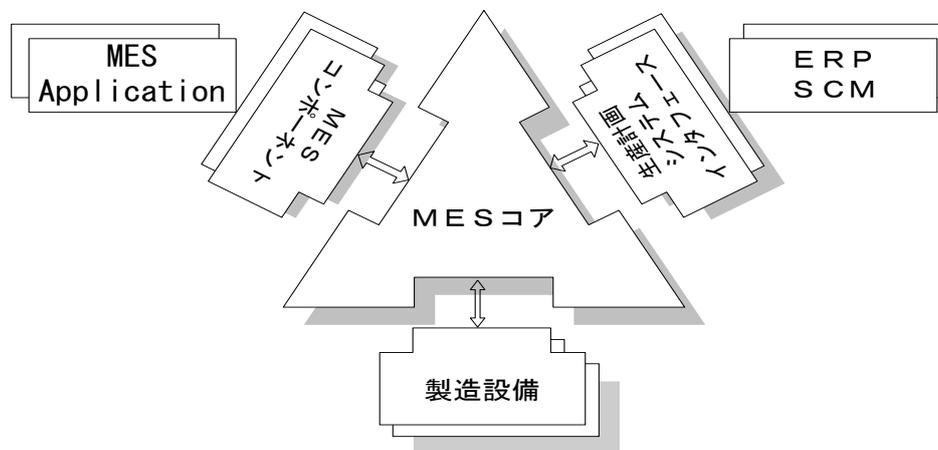


図 4.1 リファレンス・モデル

#### 4.2.2 分析モデル

リファレンス・モデルを基に、各領域の分析を行った。プロジェクト・メンバ各社のこれまでの経験や事例に基づき、約 100 例のユースケースを作成した。ユースケース図の例および対応するシーケンス図を下に示す。これは工場の設備を入れ替えるユースケースである。最初は大まかに機能を洗い出し、次第に詳細な機能を定めていった。このようなユースケースの分析の結果、図 4.4 に示す機能グループの構成を定義した。

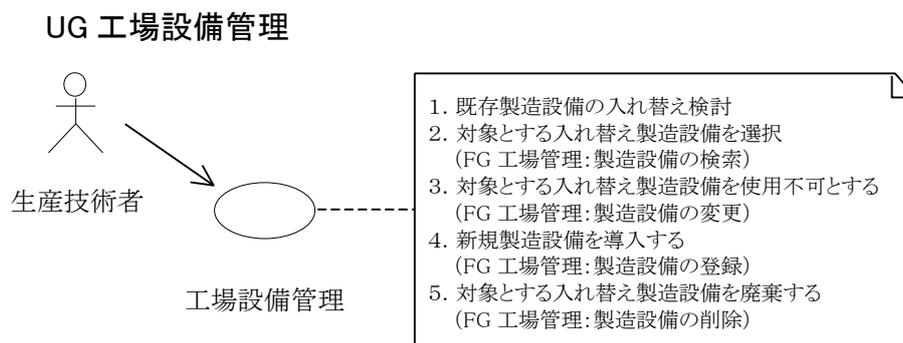


図 4.2 ユースケース図

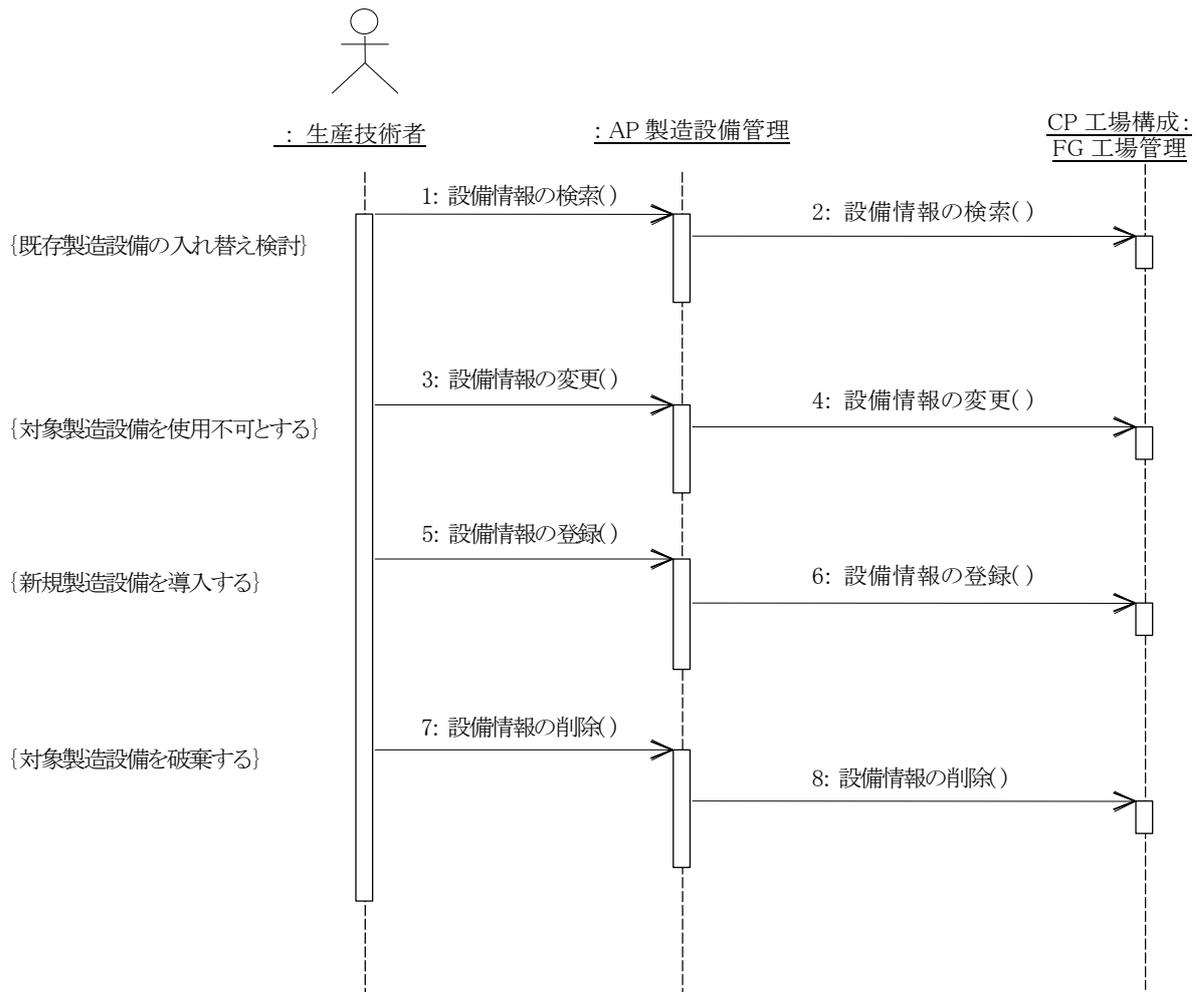


図 4.3 シーケンス図

#### 4.2.3 実装モデル

分析モデルで得られた機能グループを、Java のクラスとして実装可能なレベルに分割・詳細化した。このとき、フレームワークとしての再利用性を高めるために様々な考慮を行った。代表的なものを下記にあげておく。

- 分散環境下でのパフォーマンスに特に注意を払い、ネットワーク上のトラフィックを意識した設計を行った。
- 機能グループ間の依存度を低減するように考慮した。段階的な抽象度を取り入れ、抽象度の高いレベルでは直接インタフェースを取らないようにしたり、接続部分をコネクタやアダプタと呼ばれるクラスに分離した。
- システムごとのカスタマイズの対象となるデータや処理を特定し、オーバーライドされるべきメソッドを予め埋め込んだり、或いはカスタマイズ対象のデータや処理をカプセル化したクラスに切り分けたりした。

### 4.3 オープン MES の概要

前述したように約 100 個のユースケースから、フレームワークの主な機能として次の 11 グループにまとめた。

- 工場構成管理：フロア領域、構成要素の管理を行なう。
- 製造仕様管理：ロット編成情報、作業指図を管理する。
- 工程仕様管理：経路・資源・能力の関係を管理する。
- スケジュール管理：スケジュールを立て、管理する。
- 製造指示管理：製造指示を管理し、実績を集計する。
- 工程管理：作業指示およびロット進捗を管理する。
- 搬送管理：搬送を指示し、搬送実績を管理する。
- 設備管理：作業を設備に指示し、稼動履歴を管理する。
- 労務管理：労働時間の計画および実績を管理する。
- 資材管理：資材の使用実績および所在を管理する。
- 保守管理：保守計画・実績を管理する。

また仕様策定においては、次のような加工工程の特徴を考慮することにより、軽いフレームワークを実現している。

- 素材を投入する段階で最終製品が一意に定まっている。
- ロットという離散的な単位に対し、作業が行なわれ、それらが製造装置間で搬送される。
- あらかじめ工程経路の候補が定まり、ダイナミックに経路を作成する必要はない。

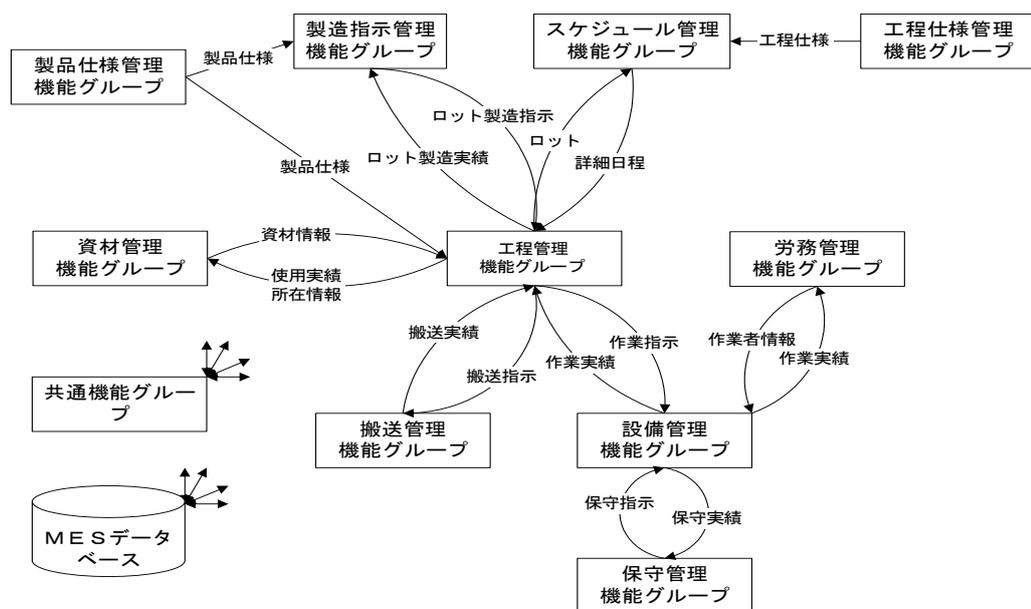


図 4.4 機能グループ

分析モデルからも分かるように、オープン MES の中心となる機能は工程管理機能グループである。この機能グループは、後述するように、ロット・ジョブとプロセス・ジョブを中心に、製造工程の実行を管理するようになっている。製品の製造とは、プロセス・ジョブに基づいてロットの加工を行うことであり、製造現場の活動の大部分は間接・直接にこのプロセス・ジョブに関係してくると考えられる。このため、工程管理機能グループの提供するプロセスやデータを共有する形で各部のモデル化を行うことにより、機能間の統合と整合性を高められるように配慮した。

工程管理の中心になるのは、ロットに対する作業計画と作業実績を管理する LotJob と呼ばれるクラスと、作業計画に基づいて作業指示を各設備に差し立てる Dispatcher と呼ばれるクラスである。

ここでロットと呼ばれるのは、工程内を流れる物理的なロットと対応する製造ロットである。今回は、投入から完了までロットの統合や分割は行わないものとしてモデル化した。また、製造指示との紐付けは、製造指示管理機能グループで取り扱うものとした。

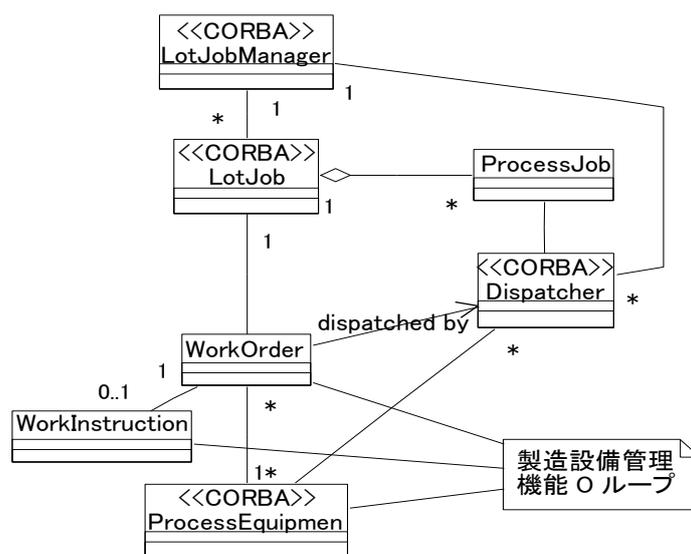


図 4.5 工程管理機能グループ・クラス図

以下に主なクラスの概要を示す。

- **LotJobManager**  
このクラスは、ロットジョブ全体を管理する。ロットジョブの登録や検索などの機能を提供し、また分散環境下では、ロットジョブの分散配置を行う。

- **LotJob**  
このクラスは、個別のロットにたいする作業計画と作業実績を管理する。ロットの一時停止・再開や作業実績の登録など、ロットに対するトランザクションは全て **LotJob** を通して行われる。
- **ProcessJob**  
このクラスは、個別のロットに対する工程別の作業計画と作業実績を管理する。
- **Dispatcher**  
このクラスは、作業指示を各製造設備に差し立てる機能を提供する。通常は **Dispatcher** は工程資源ごとに作成され、各資源に割り当てられている **ProcessJob** のリストを管理し、複数の代替え設備が同一資源に割り当てられている場合、設備間の競合を調停する役割を持つ。
- **WorkOrder**  
このクラスは、設備に差し立てられる作業指示を表す。ロットに関する情報や、着手予定時間や優先順位を属性として持つ。
- **WorkInstruction**  
このクラスは、作業指図を表す。作業指図の内容は基本的に実装依存である。、例えばセットアップ・データ、パート・プログラム、或いは作業者教示（オペレータ・インストラクション）などが含まれる。

以上のようにクラス定義を行ない、仕様としてまとめた。

## 5 旧専門委員会の活動概要

### 5.1 生産システムモデル専門委員会とモデルWGの活動概要

#### 5.1.1 目的

- FAシステムの分散環境に対応したオープンな生産システム概念の確立
- 設計から製造にわたる各種の情報を透過的に利用可能な生産システム環境の構築
- この生産システム環境の構築に必要な共通基盤技術の開発と標準化

#### 5.1.2 活動項目

- オブジェクト指向による生産システムモデルの構築
- モデルの構成要素および要素間の関係の定義
- 各構成要素の実装手法の提案
- 生産システムモデルの実装化

#### 5.1.3 モデルの対象範囲

- 生産設備と密接に関係する部分のモデル化を対象とする。
- ISO/TC184/SC5/WG1が対象としている企業モデルは対象としない。
- 工場の生産管理、工程管理など現場のモデルを対象とする。

アプリケーションから見たモデルの対象範囲 (図5.1)

基本的な考え方 (図5.2)

#### 5.1.4 具体的な対象

- FMSを対象として生産システムモデルを考える。対象の具体例 (図5.3)
- 対象のネットワーク概要 (図5.4)
- 関連する機能 (図5.5)
- FMS状態遷移と機能との関連 (図5.6)
- アプリケーションとデータの関連 (図5.7)
- 対象とする機能の概要 (図5.8)

#### 5.1.5 FMS運用の流れ

- ワーク、システム運用フロー (図5.9)
- ワーク運用フロー (図5.10)

#### 5.1.6 FMSデータ種類

- 生産システムのファイルの種類
  - ・マスタファイル関係（表5.1）
  - ・システムパラメータファイル関係（表5.2）
  - ・中間ファイル関係（表5.3）
  - ・実績ファイル関係（表5.4）
- データの種類
  - ・機械—ホスト間の通信サービスについて（表5.5）
  - ・搬送車—ホスト間の通信サービスについて（表5.6）
  - ・データについて（表5.7）
  - ・ホスト側の機能について（表5.8）

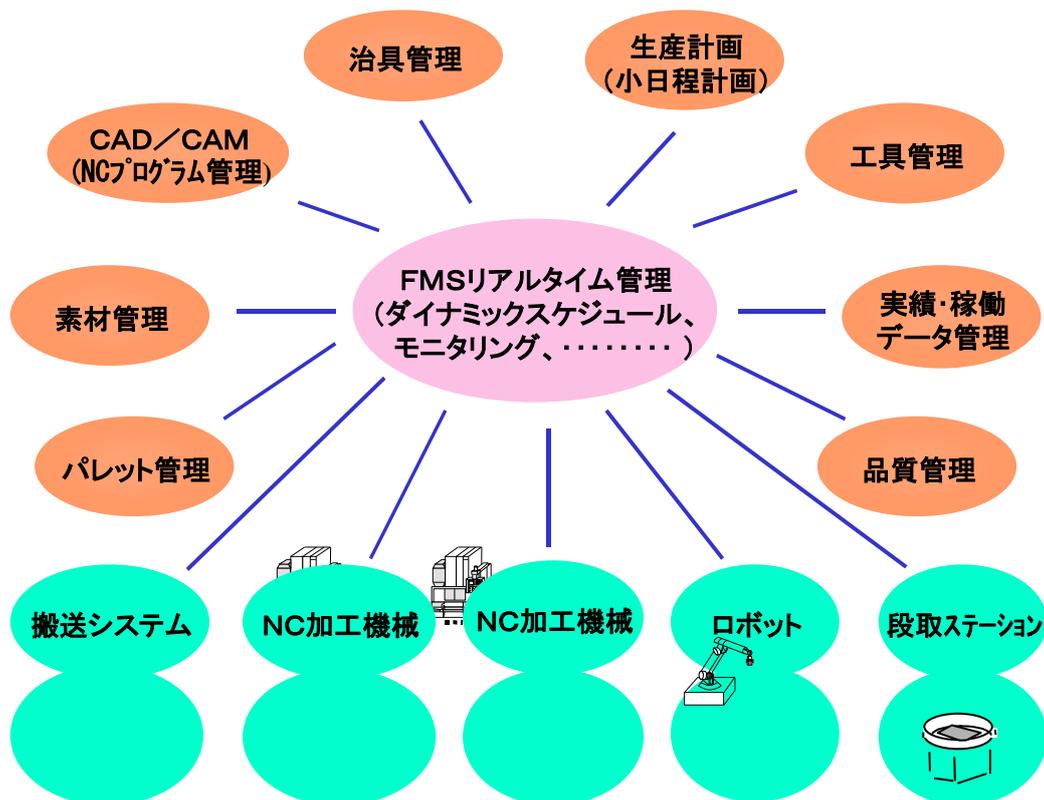
#### 5.1.7 オブジェクトモデルの原型

図5.11参照

## 生産システムモデル専門委員会

## モデル作成WG

- 目的 ・生産システムにおける情報・ソフトウェアの相互互換の確保  
 ・ソフトウェア開発、システム開発の基本モデルの提供
- 方法 ・オブジェクトモデルによる生産システムの定義とモデル化  
 ・各オブジェクトの機能の定義と情報インターフェイスの定義  
 ・実現可能なプラットフォームの提案と実証
- 対象 ・FMSなどの機械加工システム  
 ・機械制御、生産管理、品質管理等の制御と管理の情報を含む  
 FMSリアルタイム管理



生産システムソフトウェアのオープンな接続を目指して

図 5.1 生産システムモデル専門委員会におけるモデルの対象範囲

## 生産システムモデル専門委員会

## 実装検討WG

制御機器メーカ、機械メーカ、システムインテグレータ、及びエンドユーザがそれぞれの固有技術やノウハウをFAシステムに容易に組み込める

(バーチャル)  
生産システムソフトウェア環境の実現

## 今年の作業

- モデル作成WGによって提案された生産用分散オブジェクトモデルの部品化及びアプリケーションフレームワークの検討
- 開発環境ツールの調査・検討
- セキュリティの調査・検討

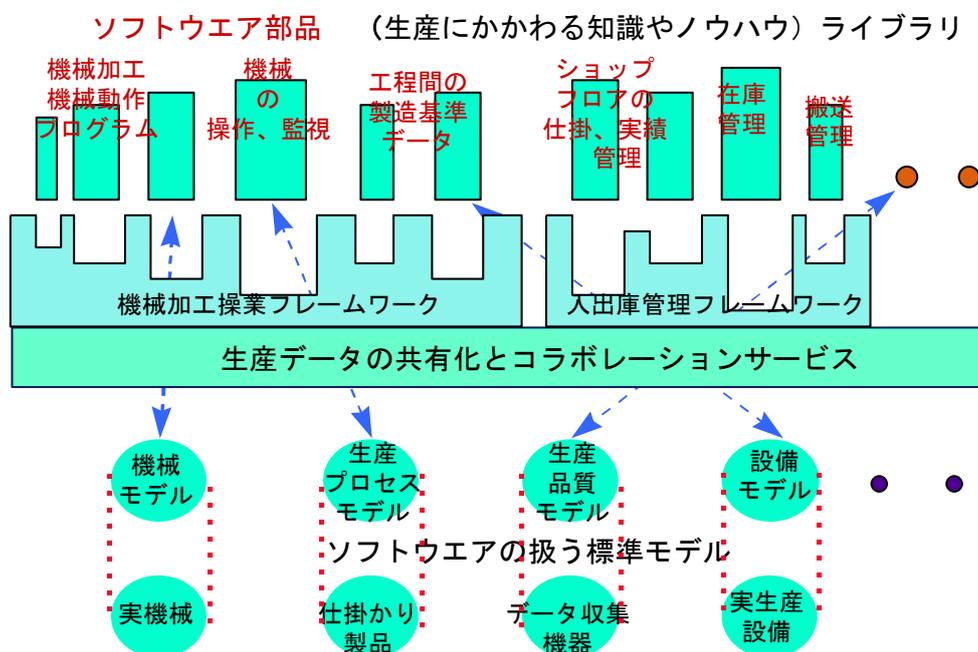


図 5.2 基本的な考え方

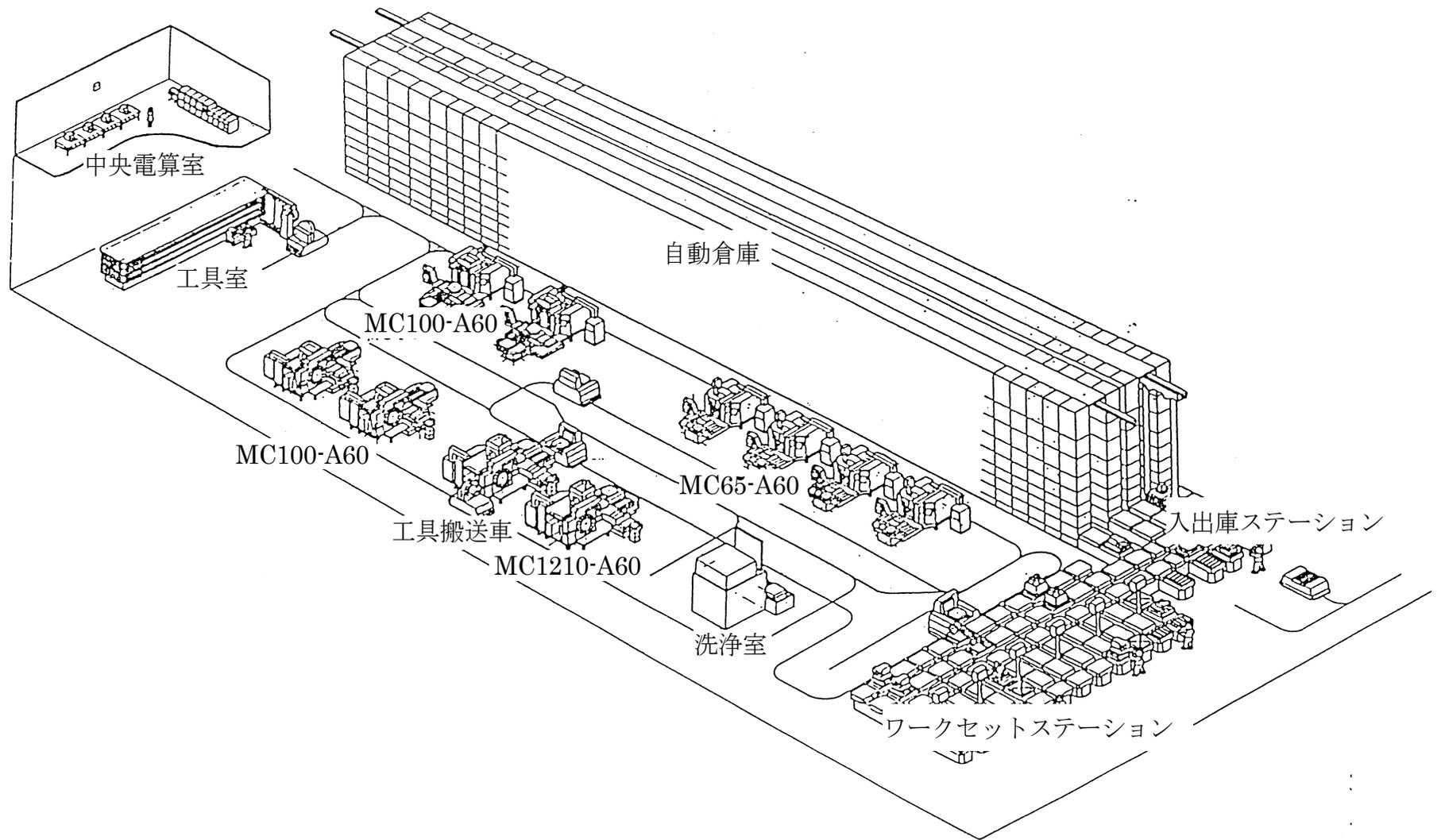


図 5.3 FMSの概観図



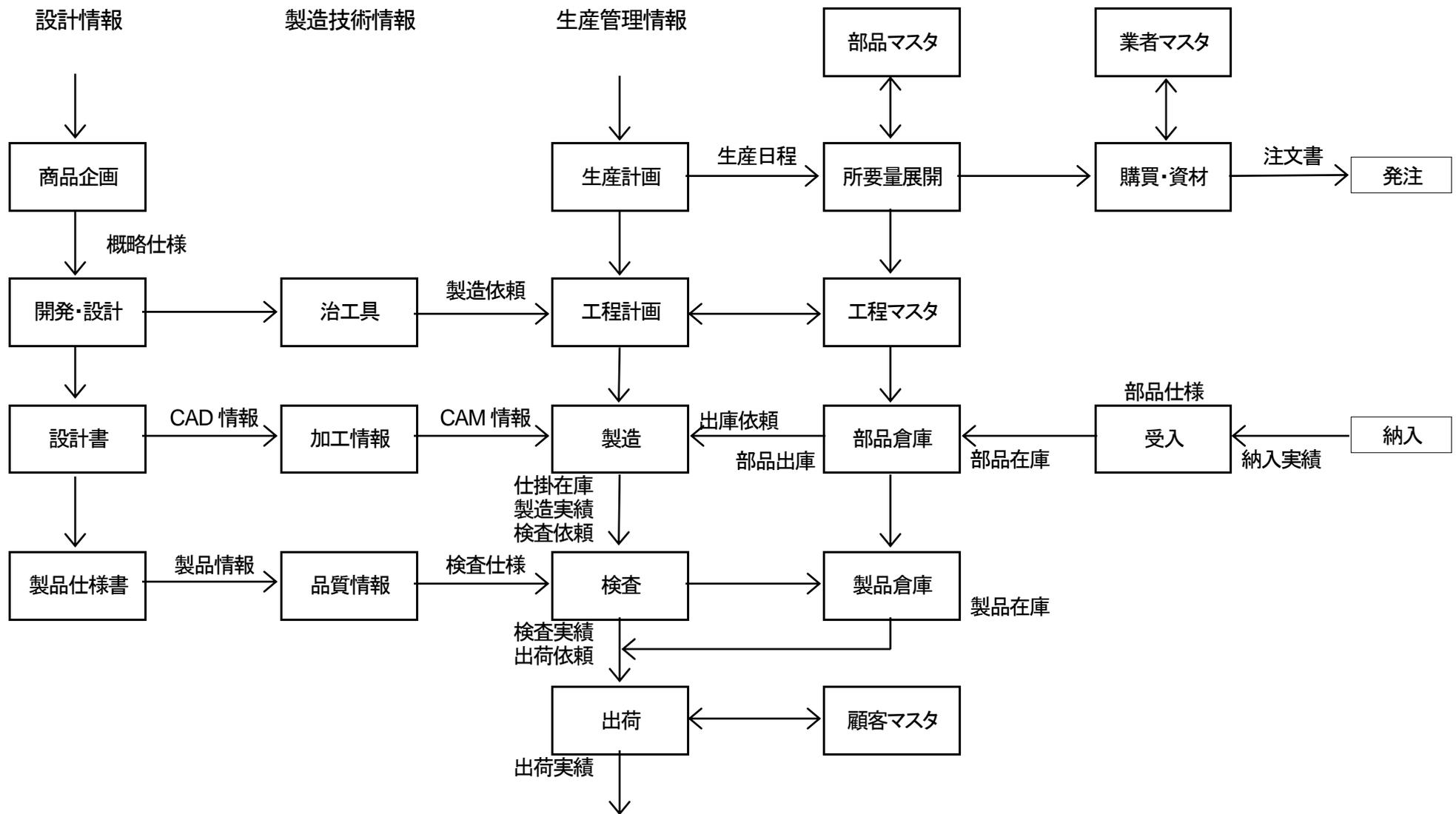


図 5.5 関連する機能

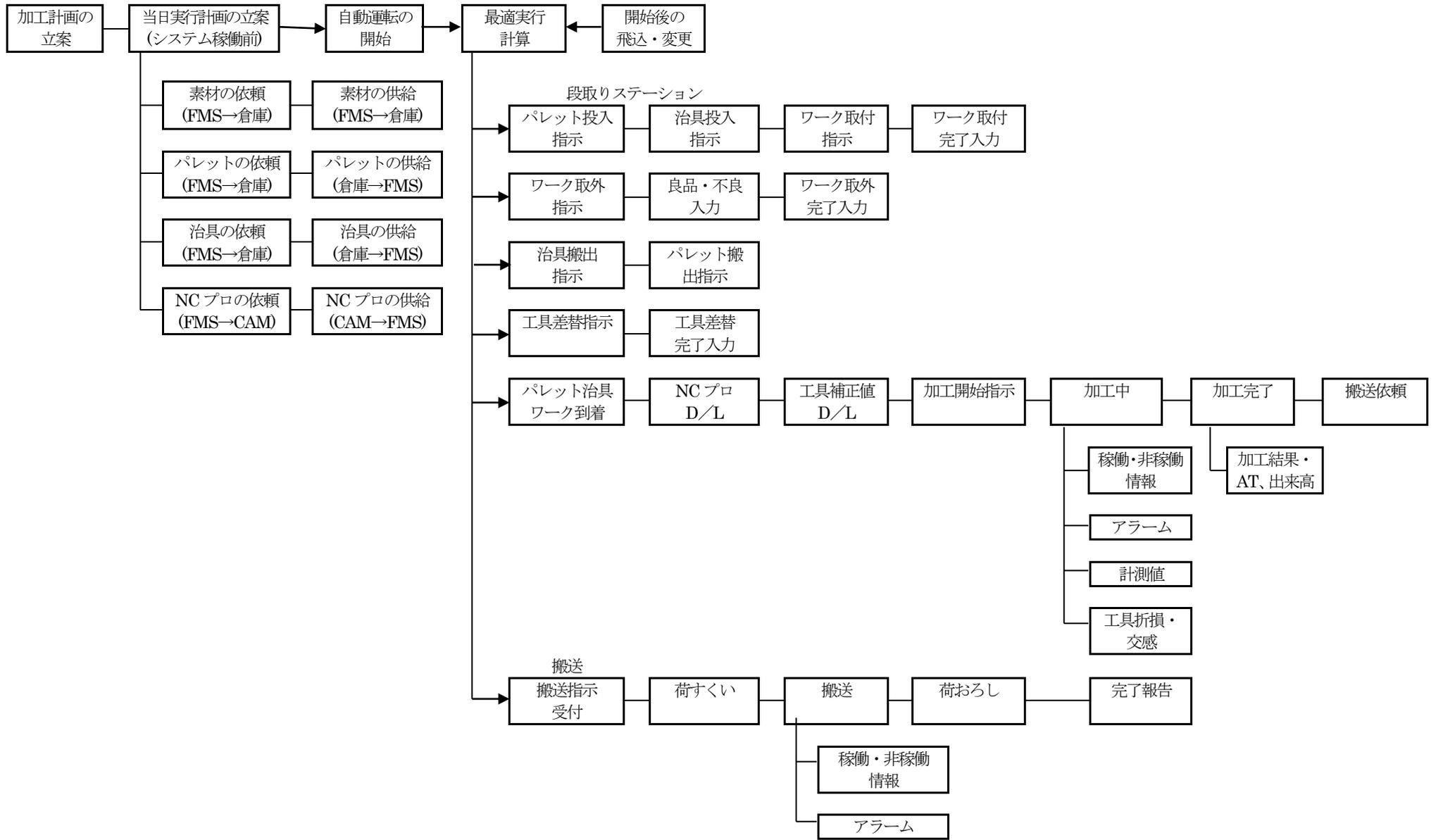


図 5.6 FMSの状態遷移と概観



図 5.7 アプリケーションとデータの関係

【●はオプション】

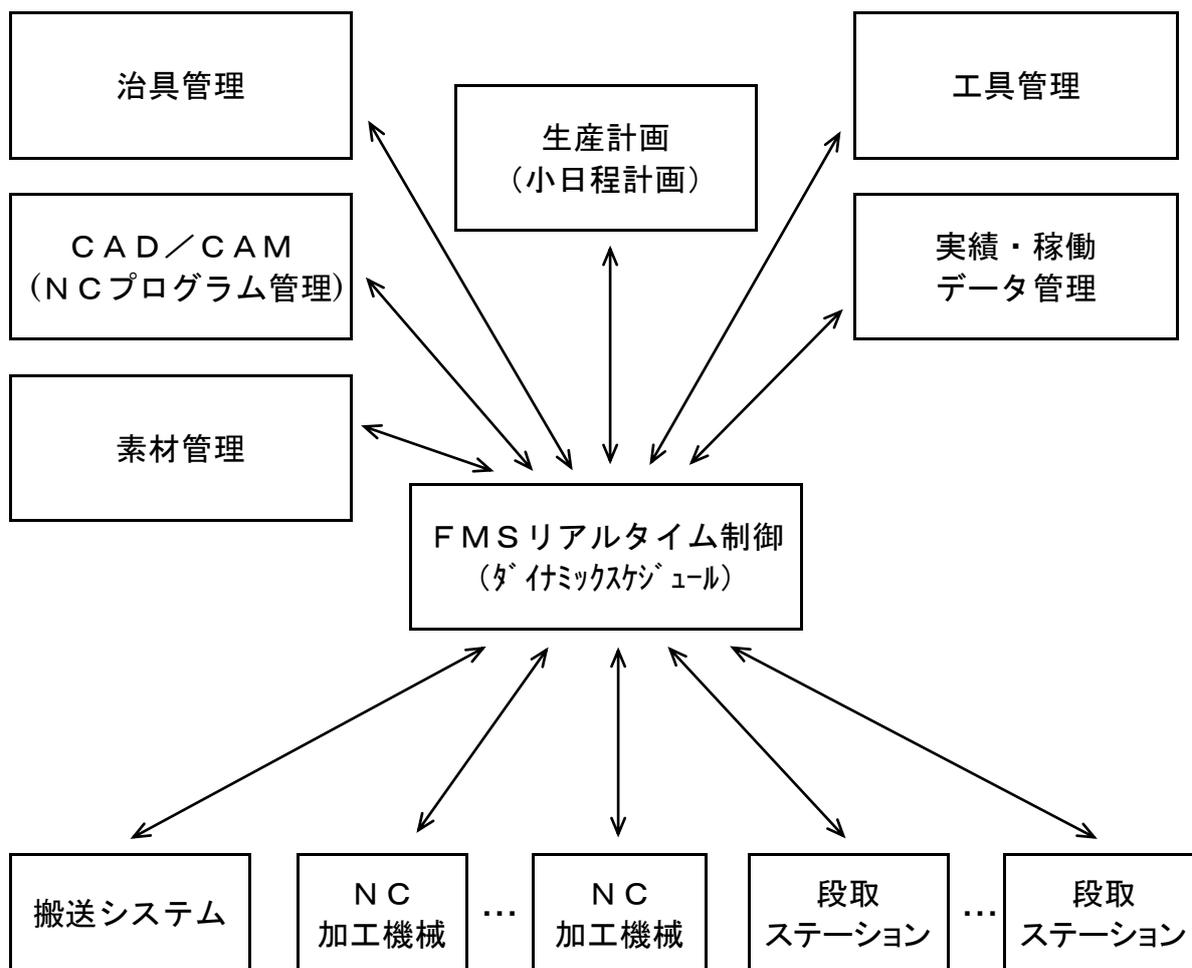


図 5.8 FMS外部モジュール体系図

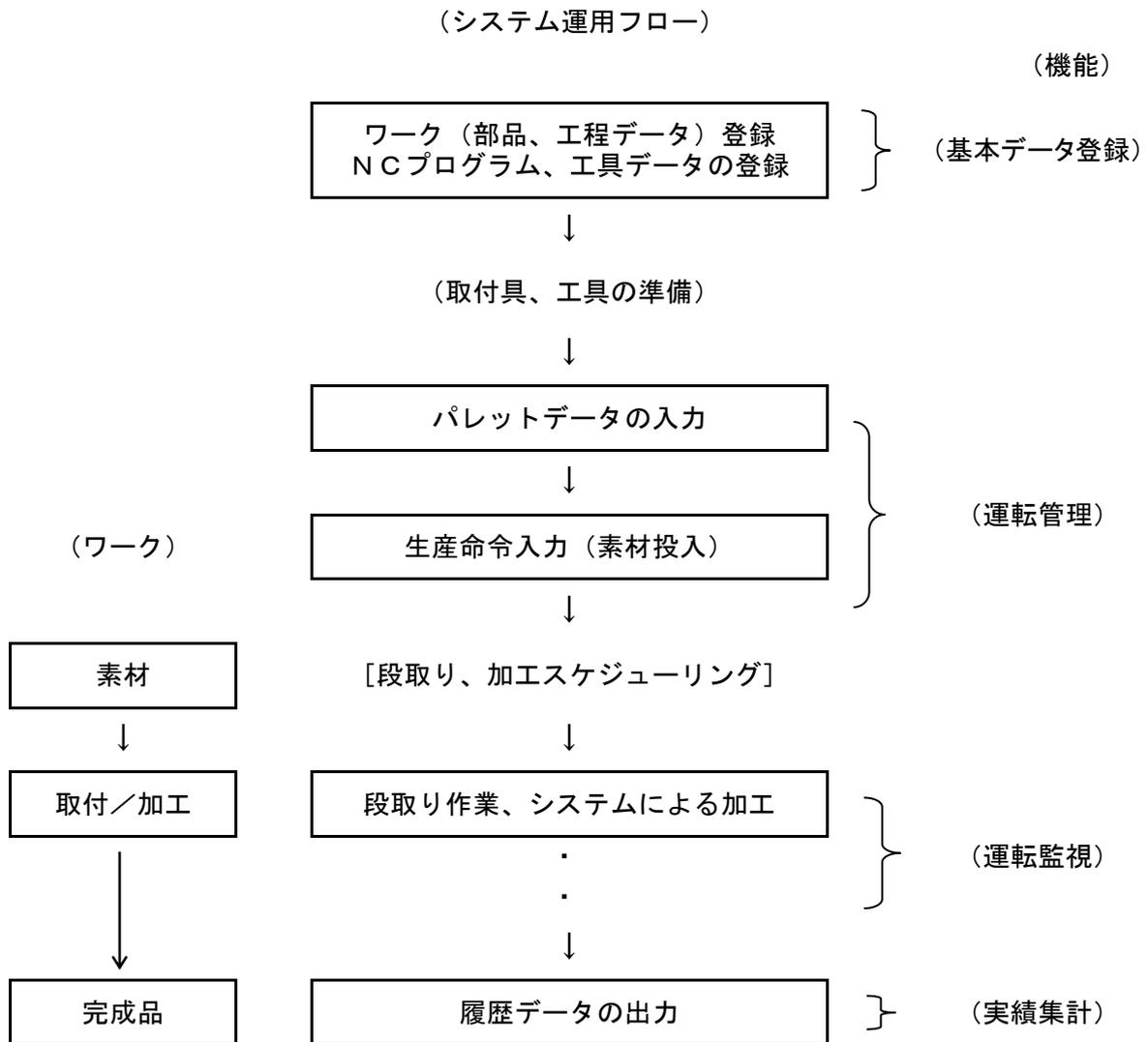
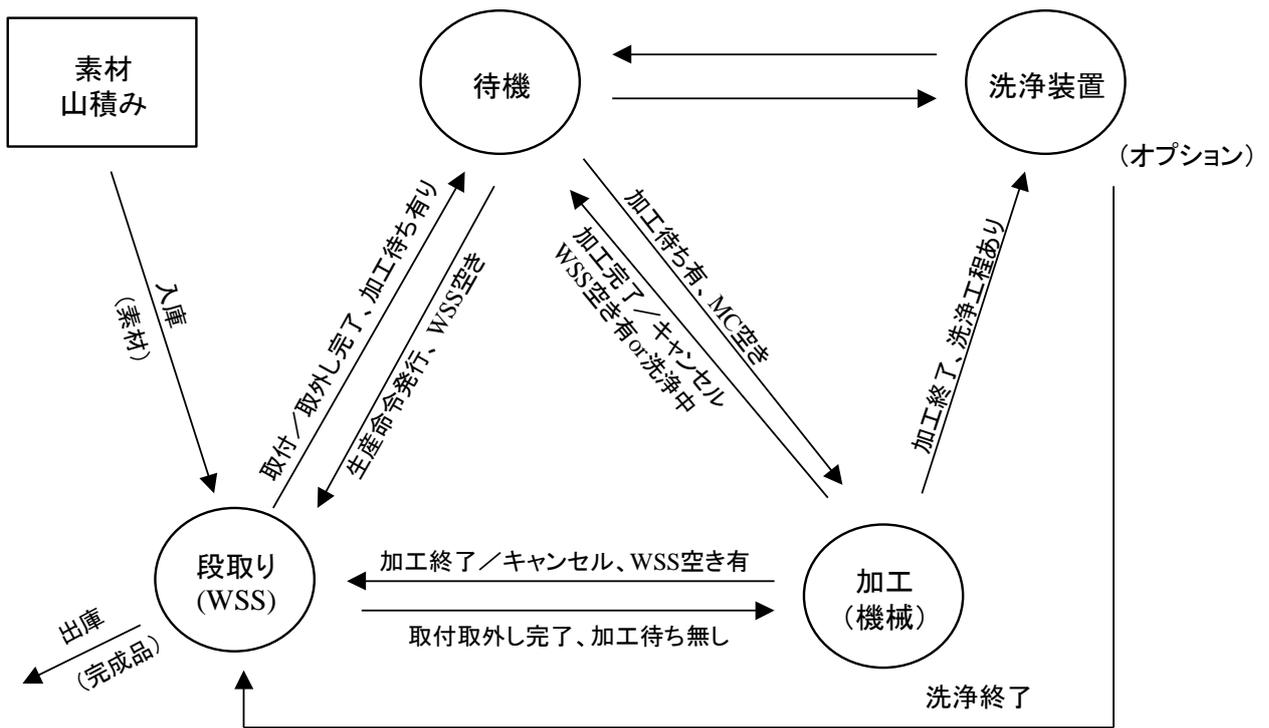
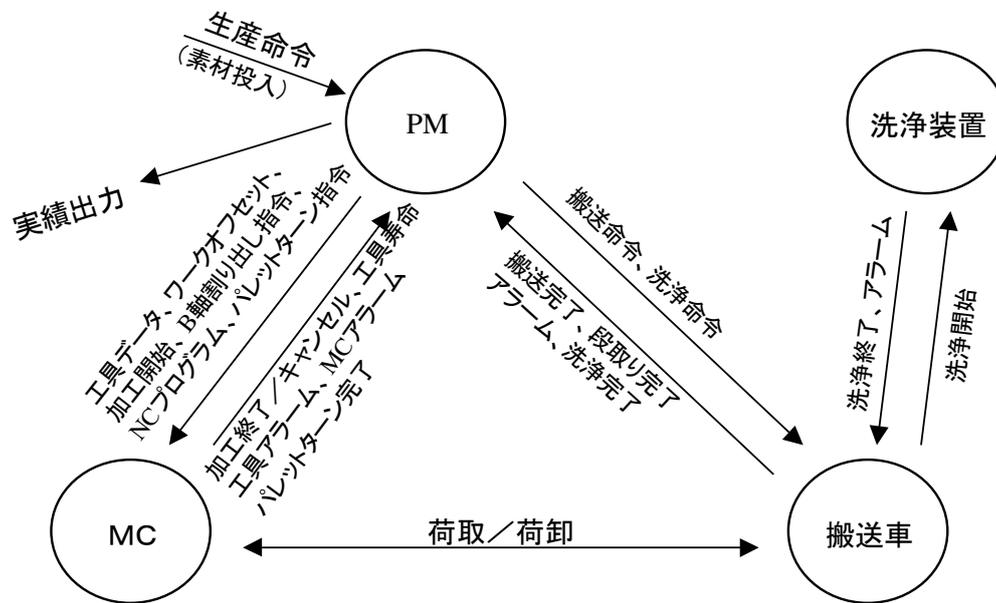


図 5.9 FMSの運用の流れ



(a)物の流れ



(b)情報の流れ

表 5.1 マスターファイル関係

No.	ファイル名	ファイル形態	内容
1	部品マスタ	DB	各部品と対応する WC プログラム、治具等の情報が格納されている。
2	治具マスタ	DB	治具の管理データが格納されている。
3	イケールマスタ	DB	イケールの管理データが格納されている。
4	パレットマスタ	DB	パレットの状態、取り付けられているイケール、治具の情報が格納されている。
5	工具マスタ	DB	工具の全データが格納されている。
6	ツールマガジンマスタ	DB	MC 内の工具とツールマガジンの情報が格納されている。
7	棚マスタ	DB	棚の状態が格納されている。
8	<del>多面 APC マスタ</del>	<del>DB</del>	<del>多面 APC の状態が格納されている。</del> <del>(多面 APC ごとにファイルが存在する。)</del>
9	NC プログラムパスマスタ	ファイル	NC プログラムが格納されているディレクトリが定義されている。
10	NC プログラム登録マスタ	DB	各 NC プログラムの登録情報が格納されている。
11	NC プログラム管理マスタ	DB	各 NC プログラムの管理情報や構成情報が格納されている。
12	作業者コードマスタ	DB	作業者のデータが格納されている。
13	作業日カレンダーマスタ	DB	作業日の管理データが格納されている。
14	異常コードマスタ	DB	異常コードと異常情報が格納されている。
15	中断要因コードマスタ	ファイル	作業の中断内容のコードが格納されている。
16	製品マスタファイル	DB	製品一覧情報を格納す。

表 5.2 システムパラメータファイル関係

No.	ファイル名	ファイル形態	内容
1	システムパラメータファイル (システム全体)	ファイル ・メモリ	システム全体の各種パラメータが格納されている。 システム管理者だけが変更出来るファイルである。
2	システムパラメータファイル (Hipop)	ファイル ・メモリ	Hipop に関するパラメータが格納されている。 システム管理者だけが変更出来るファイルである。
3	システムパラメータファイル (加工機)	ファイル ・メモリ	加工機に関するパラメータが格納されている。 ユーザが変更できるファイルである。
4	システムパラメータファイル (段取り ST)	ファイル ・メモリ	段取り ST に関するパラメータが格納されている。 ユーザが変更できるファイルである。
5	システムパラメータファイル (搬送機)	ファイル ・メモリ	搬送機に関するパラメータがかくのうされている。 ユーザが変更できるファイルである。
6	トラッキングファイル (加工機)	ファイル ・メモリ	加工機のトラッキング情報が格納されている。
7	トラッキングファイル (段 ST)	ファイル ・メモリ	段取り ST のトラッキング情報が格納されている。
8	トラッキングファイル (搬送機)	ファイル ・メモリ	搬送機のトラッキング情報が格納されている。
9	トラッキングファイル (棚)	ファイル ・メモリ	棚のトラッキング情報が格納されている。
10	<del>トラッキングファイル (多面 APC)</del>	<del>ファイル ・メモリ</del>	<del>多面 APC のトラッキング情報が格納されている。</del>
11	<del>トラッキングファイル (床)</del>	<del>ファイル ・メモリ</del>	<del>床のトラッキング情報が格納されている。</del>
12	システム状態テーブル	メモリ	システム状態データ、ライン状態データが格納されている。 画面より設定、制御より更新される。
13	加工機状態テーブル	メモリ	加工機状態情報が格納される。
14	段取り ST 状態テーブル	メモリ	段取り ST の状態情報が格納される。
15	搬送機状態テーブル	メモリ	搬送機の状態情報が格納される。

表 5.3 中間ファイル関係

No.	ファイル名	ファイル形態	内容
1	生産計画ファイル	DB	生産計画データを格納するファイルである。
2	生産計画展開ファイル	DB	生産計画データを展開して格納するファイルである。(スケジューラが作成する)
3	スケジュールファイル	DB	数日の加工のスケジュールを格納するファイルである。
4	スケジュール仮ファイル	DB	スケジュールファイルを複写するファイルである。(スケジューラが作成する)
5	工具替えスケジュールファイル	DB	工具替えスケジュールデータを格納するファイルである。
6	スケジュールパラメータファイル	ファイル	スケジュールに関するパラメータが格納されている。ユーザが変更できるファイルである。
7	スケジュール開始情報ファイル	ファイル	スケジュール開始情報が格納されている。スケジュール処理開始時に設定する。
8	スケジュール No.ファイル	ファイル	最終スケジュール No.が格納されている。スケジュール処理開始時に参照、確定時に更新する。
9	スケジュール編集ファイル	DB	スケジュール編集情報が格納されている。
10	オーダーファイル	DB	ホストからの生産情報を確保しておきます。

表 5.4 実績ファイル関係

No.	ファイル名	ファイル形態	内容
1	出荷実績ファイル		ワークの全加工工程が終了したときに作成される。
2	加工実績ファイル		スケジュール (パレット) 単位で、加工した実績を取る。
3	オフライン加工実績ファイル		オフラインの時に、工程単位で加工実績を取る。
4	作業員実績ファイル		作業員の実績を格納するファイルである。
5	アラームサマリファイル		発生した異常データを格納するファイルである。
6	アラーム履歴ファイル		復旧した異常データの履歴を格納するファイルである。

表 5.5 FMSにおける機械—ホスト間の通信サービス

「NCプログラム」	自動NCデータダウンロード NCプログラム削除要求 マニュアルNCデータダウンロード マニュアルNCデータアップロード NCメモリ参照	「ホスト→機械」 「ホスト→機械」 「機械→ホスト」 「機械→ホスト」 「ホスト→機械」
「加工」	パレットターン要求 加工工具指定 加工開始要求 加工終了報告 MCアラーム報告 工具モニタアラーム報告	「ホスト→機械」 「ホスト→機械」 「ホスト→機械」 「機械→ホスト」 「機械→ホスト」 「機械→ホスト」
「工具」	工具データアップロード 工具データダウンロード 使用不可工具指定 破損工具交換完了報告 工具使用終了報告	「ホスト→機械」 「ホスト→機械」 「ホスト→機械」 「機械→ホスト」 「機械→ホスト」
「工具マガジン」	工具マガジンアロケート 工具マガジンデアロケート 工具割り出し	「ホスト→機械」 「ホスト→機械」 「ホスト→機械」
「その他」	電源遮断要求 機械モード切替え	「ホスト→機械」 「ホスト←→機械」

表 5.6 FMSにおける搬送車—ホスト間の通信サービス

<p>[搬送車]</p> <ul style="list-style-type: none"><li>パレット搬送要求</li><li>パレット荷取り完了報告</li><li>パレット荷下ろし完了報告</li><li>搬送車ステータス</li><li>搬送車アラーム報告</li><li>電源オフ要求</li><li>電源オン要求</li><li>電源オンの完了</li></ul>
<p>[段取りステーション]</p> <ul style="list-style-type: none"><li>段取りステーション作業開始要求</li><li>作業取り消し要求</li><li>作業完了報告</li></ul>
<p>[その他]</p> <ul style="list-style-type: none"><li>洗浄開始要求</li><li>洗浄完了報告</li><li>バリ取りロボット作業開始要求</li><li>バリ取りロボット作業完了報告</li></ul>

表 5.7 FMSにおけるデータについて

<p>「生産命令に関するデータ」</p> <p>製造番号 部品番号 総生産数 納期 一日の生産予定数 優先度</p>	<p>「部品に関するデータ」</p> <p>部品番号 部品名称 工程データ</p>
<p>「工程に関するデータ」</p> <p>工程番号 NCプログラム名 加工機械番号 加工時間 段取り時間 最大取り付け数量</p>	<p>「治具に関するデータ」</p> <p>パレット番号 段取りステーション番号 面データ</p>
<p>「面に関するデータ」</p> <p>加工開始面 工程番号 ワーク差表系シフト量</p>	
<p>「工具種類に関するデータ」</p> <p>工具種類番号 標準工具径／工具長 工具径区分 設定工具寿命</p>	<p>「個別工具に関するデータ」</p> <p>個別工具番号 所属する工具種類番号 工具径／工具長 工具寿命</p>

表 5.8 FMSにおけるホスト側の機能

<b>「監視機能」</b>	
<p><b>「機械に関する監視」</b></p> <p>機械番号 通信状態 機械モード パレット番号 オペレータコール 加工プログラム名 加工開始時刻 アラーム内容</p>	<p><b>「搬送車に関する監視」</b></p> <p>通信状態 パレット番号 荷取り荷下ろしのアドレス 動作（搬送中・荷取り・荷下ろし）</p>
<p><b>「段取りに関する監視」</b></p> <p>段取りステーション番号 パレット番号 作業の種類（取付け・取外し） 取付け・取外し数量 加工した機械番号 加工状態 段取り開始時間</p>	
<b>「実績集計機能」</b>	
<p><b>「加工実績」</b></p> <p>製造番号 部品番号 加工機械番号 パレット番号・面番号 加工数量 加工開始・終了時刻 加工終了状態</p>	<p><b>「機械アラーム実績」</b></p> <p>機械番号 アラーム発生日時 アラーム番号</p> <p><b>「搬送車アラーム実績」</b></p> <p>アラーム発生日時 アラーム番号</p>

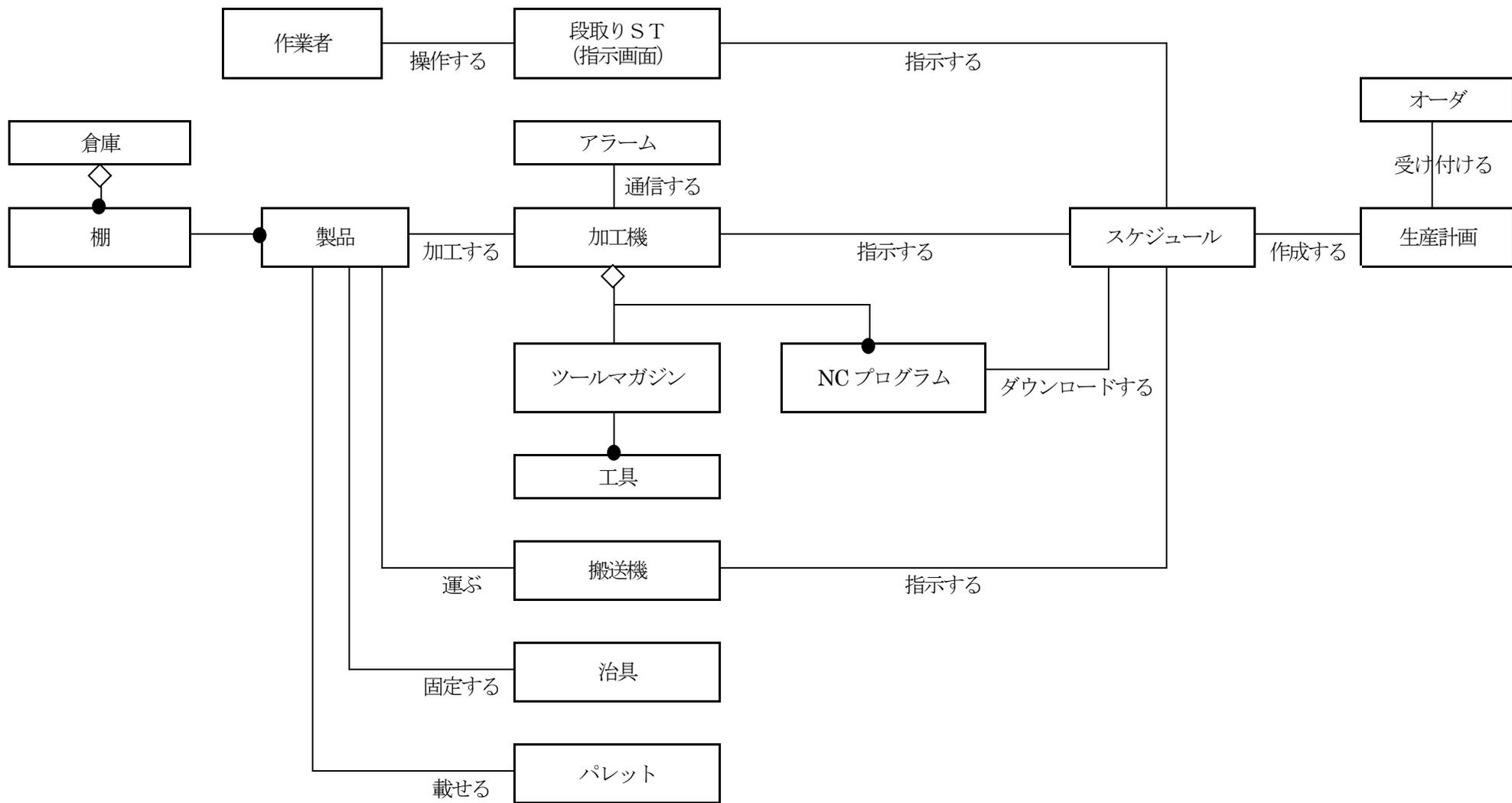


図 5.11 オブジェクトモデルの原型

## 5.2 実装検討WGの活動概要

### 5.2.1 活動目標

実装検討WGの活動目標は、モデル作成WGによって提案される生産用オブジェクトモデル概要を実装化するための詳細設計を行うことである。この活動をスムーズにおこなうためには、種々巢の目的を持った開発手法と技法を整理し、ここで策定されるモデルの表記法を統一化し、実装コードとの相互干渉が出来る開発環境が必要である。このような背景から、平成9年度の活動目標をオブジェクトの開発環境の調査においた。

### 5.2.2 プログラミング言語と開発環境

アプリケーションを構築するために利用される開発ツール（言語と環境）は、まわりの開発状況に合っていると、情報システムの開発と運用はその効果を最大限に発揮することができる。しかし、ソフトウェア（アプリケーション）を開発するための開発ツールの進歩は言語を含めて遅れているが、昨今、ネットワーキング・コンピューティング時代に突入してからは、市場に、種々出そろってきた。

開発ツールは、ソフトウェア開発の生産性をあげるための道具で、現在、4GL、クライアント・サーバ用あるいはイントラネット／WWW用開発ツール、CASEツールの3つの種類に分類できる。

#### 【第4世代言語（4GL）】

4GLは、汎用言語を取り込んだ統合的開発環境である。4GLのもとで、データと機能（振る舞い）を指向したアプリケーションは、プロトタイプを提示して、ユーザのより早く、より正確に要求を吸収しながら、反復的に開発される。ユーザは、プロトタイプを使ってみてデータや機能について追加の要望を上げ、残りの要件、レポート作成、統計的分析、グラフ作成、照会伝票の発行などの開発に入る。4GLは意思決定支援システムやプロトタイプには理想的なツールであり、設計作業にユーザの参画を可能とし、情報システム部門がユーザの要求に素早く反応出来るようにした。

代表的なのは、Visual Basic、Delphi、PowerBuilder、Visual C++、C++Builder、VisualAge、JBuilder、Visual J++、Visual Café、 などがある。また、データベース開発ツールも4GLになって汎用プログラミング言語との境界があやふやになってきている。4GLは統合的な開発ツールである。

## 【クライアント/サーバ用開発ツール】

この種類の開発ツールは、イベント・ドリブンのクライアント/サーバ環境のために特別に設計されたものであり、アプリケーションの設計に重点を置いている。このようなツールはアプリケーションに必要なGUIやSQL処理を開発するのに使われる。まずデータベース・スキーマを導入し、次にデータベースのディクショナリにある定義に従ってGUIを作成する。そしてイベントが決定されたら、イベントごとにアクションを定義する。

クライアント/サーバ開発ツールはCASEツールに比べて習熟時間はかからないが、ツールを利用する前にデータモデルを作成しなければいけない。Windows環境では、PowerBuilderが有名である。PowerBuilderは、複数ユーザが利用するトランザクション指向の大規模なデータベースを利用するアプリケーション開発用のツールである。GUIとDBMSを最大限に利用し、またアドホックな照会やレポートのアプリケーションを開発できる。

## 【CASE】

初期のCASEツールは1970年代中頃に発達した構造化技法を支援するために開発されたツールである。構造化分析と構造化設計は、分析の結果とアプリケーションの設計を記述するのにダイアグラムとチャートを使う。CASEツールは、1980年代中盤から利用可能になってきたが、構造化分析と構造化設計の方法論と技法が身に付いた頃に4GLが登場してきたので、ツールを使いこなすまでにいならず、次のカルチャの変革に対する準備をしなければいけなくなってきた。

昨今のCASEツールは、データ中心かオブジェクト中心の分析/設計技法を基盤として、RADツールとリンクできるのが主流である。代表的なものにROSEがある。CASEツールが日本に根づくかどうかはこれからである。

### 5.2.3 オブジェクトモデルの表記法 (UML)

オブジェクト指向方法論は、現実には数多く存在するが、分析と設計の対象を表現する表記法が統一されると、相互的に多くの方法論を組み合わせることができ、また、使用するCASEツールの依存度も少なくなる。

そこで、米国のオブジェクト技術標準化団体OMG (Object Management Group) によって、各種の表記法を整理して統一的なUML (Unified Modeling Language) が確立された。

UMLは次の特徴を持っている。

- 1) Booch 法、OMT 法、OOSE 法を中心に、多くのオブジェクト手法で提案されたOOモデル概念を取り組んで、統合したモデル言語としてのシンタックス（記法）とセマンティクス（メタモデル）を定義したものである。
- 2) 開発手法や開発プロセスではなく、あくまでも開発時の成果物である分析・設計モデルの記法をダイアグラムの標準化に限定している。そのため、特定の手法やプロセスに依存することなく、自由に選択できる。
- 3) 並行処理や並列システム、分散システムのモデル化のための要素を導入したことで、近年のシステム開発の高度な要求にも応えることができる。

### （1）システムの静的構造を記述するためのダイアグラム

システムの静的構造を表したものにクラス図&オブジェクト図がある。以下にそれらの表記法を説明する。

#### ◆クラスとオブジェクトの基本表記

クラスは長方形を3つに区切り、上段がクラス名、中段が属性名のリスト、下段が操作名のリストから成る。属性と操作は目的に応じて省略しても良い。属性と操作のアクセスレベルを示す public, protected, private には、+、#、-記号を付けて区別する。クラスのインスタンスであるオブジェクトは、クラス名の代わりにオブジェクト名を入れてアンダーラインを引いて区別する。

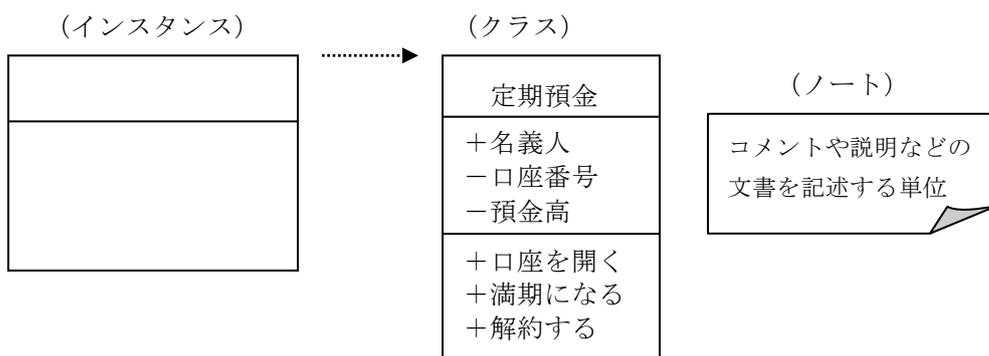


図 5.12 クラスとインスタンスの記述例

分析が進むと、ノートを挿入して、モデルの属性やメソッドを説明する補足文を加える事ができる。

◆ 関連とリンク

クラス図間を線で繋ぐことでクラス間の意味的な関係を示す関連を表す。関連には関連名を付けてモデルの意味を明解にすることができる。関連名には、主格から対象格への方向を示す矢印記号を付けることもできる。

図 5.13 はクラスとインスタンスの関連を表している。特にインスタンス同士の関連をリンクと呼ぶ。関連名に加えて、参加クラスの役割を示すロール名をその参加クラスの脇に付けて、関連の意味をより深く記述することができる。

関連には多重度を付けることができる。多重度は、1つのクラスの何個かのインスタンスが、それに関係付けられているクラスの1つのインスタンスに関係付けることができるかを指定することができる。

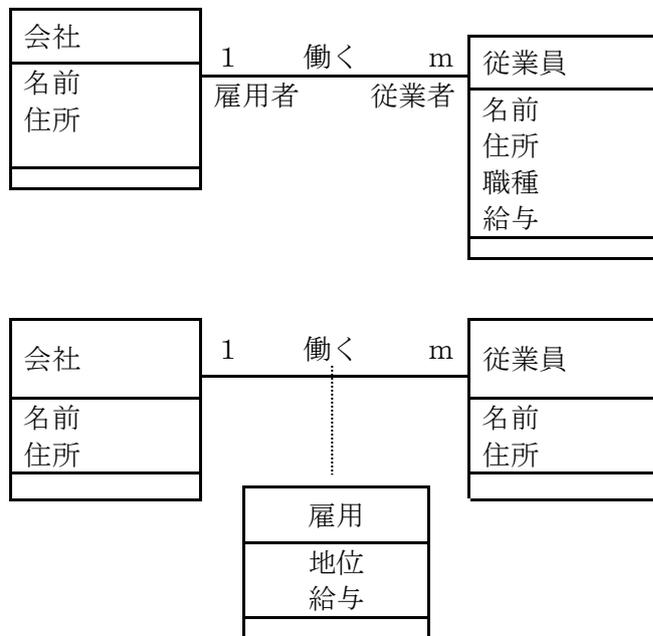


図 5.13 関連とクラス

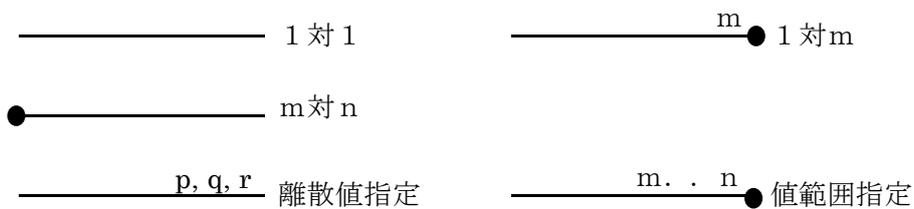


図 5.14 関連と多重度

#### ◆ 依存関係

モデル要素間に一方が他方を参照して利用するという関係を依存関係という。基本的には、クライアント要素が、そこからなんらかのメカニズムで参照可能なサプライ要素に依存関係を持つことになる。クライアント側からサプライ側に破線の矢印を引くことで明示する。

#### ◆ 集約関係

集約は全体-部分の関係を表し、菱形で記述する。厳密な意味では関連と同じ振る舞いをする関係で、菱形記号はあくまで直感的な飾りである。潜在的な全体-部分構造を持ったものとして、組立品-部品、容器-内容、集合-要素等がある。

それに対し、コンポジションの方は、部分オブジェクトの側のライフサイクルが、完全に全体オブジェクトに依存するという、存在依存制約を伴う関連と定義する。従って、コンポジション関係で結ばれた部品オブジェクトは、その全体側のオブジェクトの持つ属性と同じ振る舞いをする。

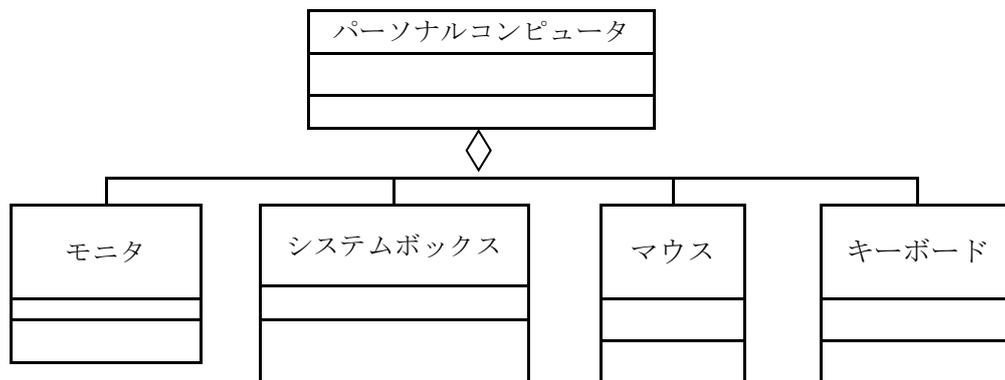


図 5.15 集約

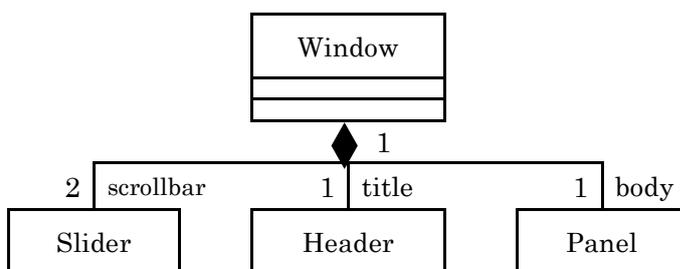


図 5.16 コンポジション

コンポジションは塗りつぶしの菱形で表され、部分オブジェクトの入れ替えは、全体オブジェクトの権限のもとで行い、オブジェクトレベルで勝手に入れ替えることはできない。

#### ◆ 汎化関係

汎化は、モデル要素間での一般化－特殊化関係を規定するもので、継承関係に相当する。継承の表記は白三角で表す。

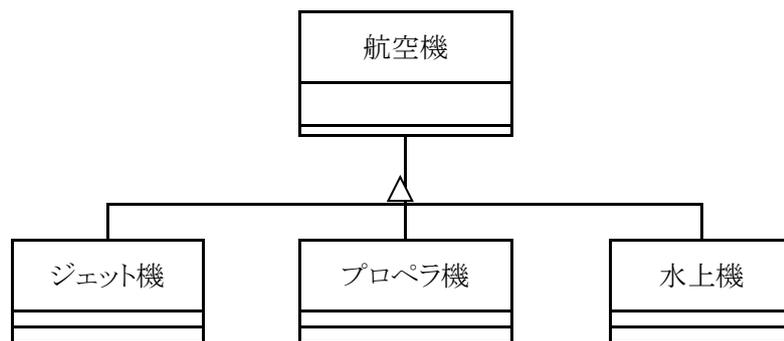


図 5.17 汎化

インスタンスを直接持たない抽象クラスは、クラスシンボルを {abstract} で修飾し、継承の性格を明示したい時は、汎化関係の脇に {overlapping} 等の制約を付けて示す。

#### ◆ 限定子付き関連

限定子付き関連は、相手側のオブジェクトをユニークに示すキーを限定子として持つようにして、モデルの表現能力を高めたものである。例は、ディレクトリとファイルの関係を限定子付き関連の書き換えたもので、ディレクトリには複数のファイルがあることに加えて、同一ディレクトリ中に、ファイル名が重複できないように表現している。

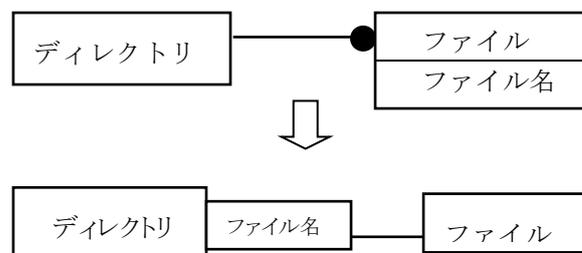


図 5.18 限定子付き関連

#### ◆ クラス (&オブジェクト) 図

クラス (&オブジェクト) 図は、対象領域やシステムの静的な構造をクラス、オブジェクト (クラスのインスタンス) およびそれらの間の関係を表現した図である。静的モデルに現れるクラスは、対象を表す基本なものの集まりで、それぞれの関係 (関連、依存関係、汎化、集約) を張って表現される。

モデルを管理するために、サブジェクト毎に複数のクラスを集めてパッケージにすることができる。パッケージもクラス図の構成要素となる。

クラスモデルの要素間で制約が一般に発生する。制約は、中括弧 { } の中に、数式や文章で指定する。制約の例として、次にあげるようなものがある。

- ・ クラスにインスタンス数に関する制約
- ・ 関連の多重度に関する制約
- ・ 属性の値の範囲に関する制約
- ・ 属性間の派生関係に関する制約
- ・ 関連のインスタンスであるリンクの集合に関する制約
- ・ 関連リンク間の制約

インスタンスオブジェクトはクラスシンボルのクラス名のところをインスタンス名にして、アンダーラインを引いて表現する。また関連の多重度は用いず、個々のインスタンスとの関連リンクを張る。

#### (2) システムの動的な振る舞いのためのダイアグラム

システムの動的動作について記述したもので、シーケンス図、コラボレーション図、状態遷移図などがある。

#### ◆ シーケンス図

イベントのシーケンス図は、インタラクション図の1種で、あるコラボレーションに参加するオブジェクト間でやり取りされる個々のメッセージ送受信 (インタラクション) の順序を示す図である。メッセージ送信を時間順に一個ずつトレースできるため、シナリオと対応させてコラボレーションの具体的な内容を示すのに便利な図である。分析フェーズに多く利用される。

シーケンス図では、イベントを要求または提供するオブジェクトは縦線で示し、オブジ

エクト間のメッセージ送信を方向性のある矢印付き実線とメッセージ名で表現する。メッセージの順序は、上から下に進むかたちで表す。

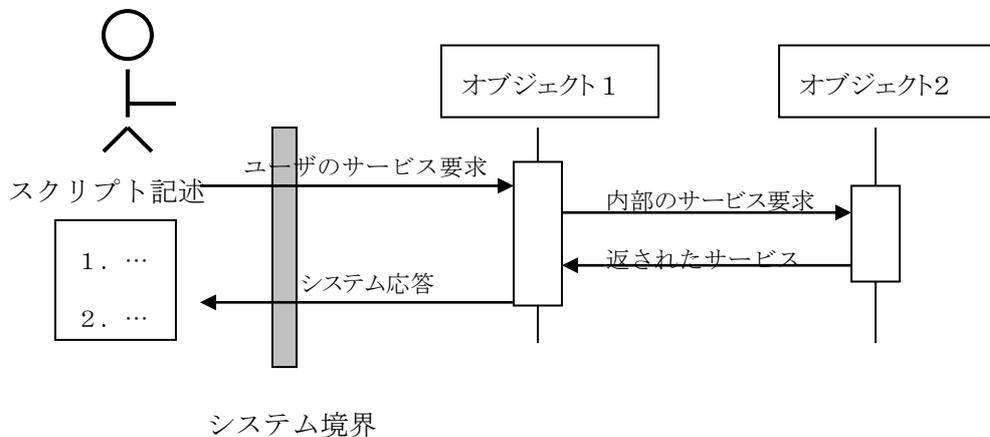


図 5.19 ユースケースにおけるシーケンス図

#### ◆コラボレーション図

コラボレーション図も、インタラクション図の1種で、あるオブジェクト間で送受信されるメッセージをそれらのオブジェクト間の接続関係とともに示す。シーケンス図は一次元の時系列図で、あらゆるオブジェクトに対してシーケンス図を書くと複雑になるので、2次元的に表現したオブジェクト間の相互作用図がコラボレーション図（コンテキスト図ともいう）となる。コラボレーション図は設計段階に使用されるため、

オブジェクトは実線のボックスで示され、オブジェクト名とそのクラスはコロンで分離する。メッセージは番号付きのラベルとして示し、指定のパラメータは括弧に入れて後に追記する。

#### ◆状態図

状態図は、クラスのとらうるライフサイクルを状態遷移図として Harel のステートチャート記法で表したものである。オブジェクトのとらうる状態の集合、それらの状態間での遷移とそのトリガーとなるイベント、状態や遷移に伴うアクションの記述によって、そのオブジェクトの振る舞いを記述する。

### (3) システムアーキテクチャのためのダイアグラム

システムアーキテクチャを表す表記法として、パッケージ図、コンポーネント図、配置図が用意されている。

#### 5.2.4 CASE ツール環境化でのモデル策定

ROSE ツールを想定して、次の自動倉庫入庫作業のオブジェクトモデルを策定する。以下のモデルは入庫係りのユースケース図、ユースケースからスケッチされた入庫作業のユーザインターフェイス図、UI を処理するためのシーケンス図、オブジェクトモデル図を示す。

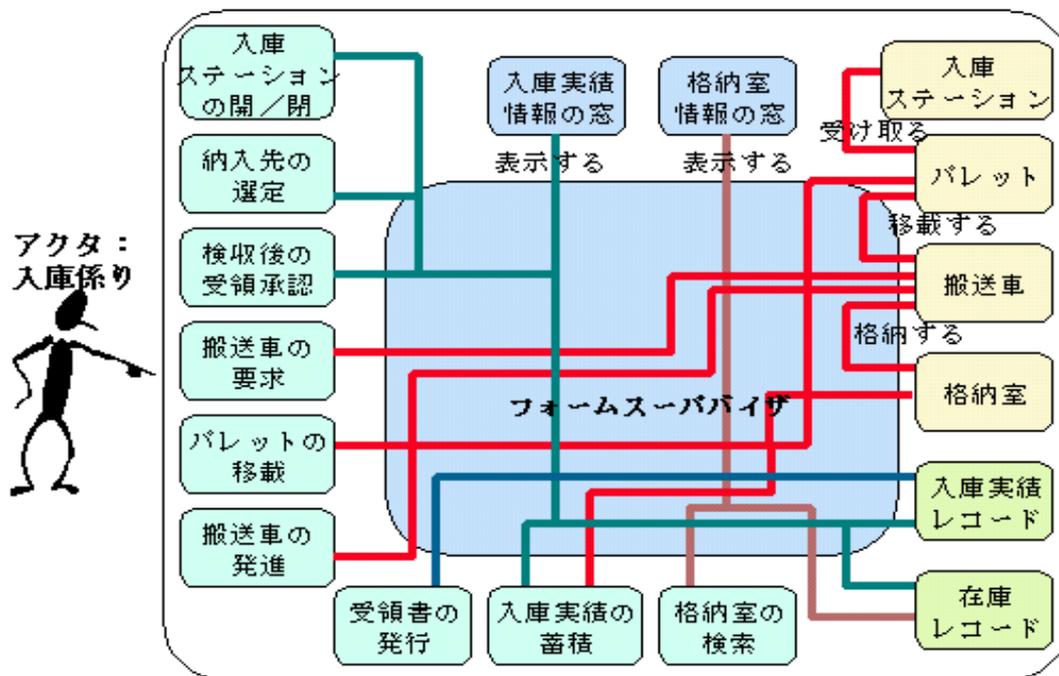


図 5.20 入庫係りのコンテキスト図

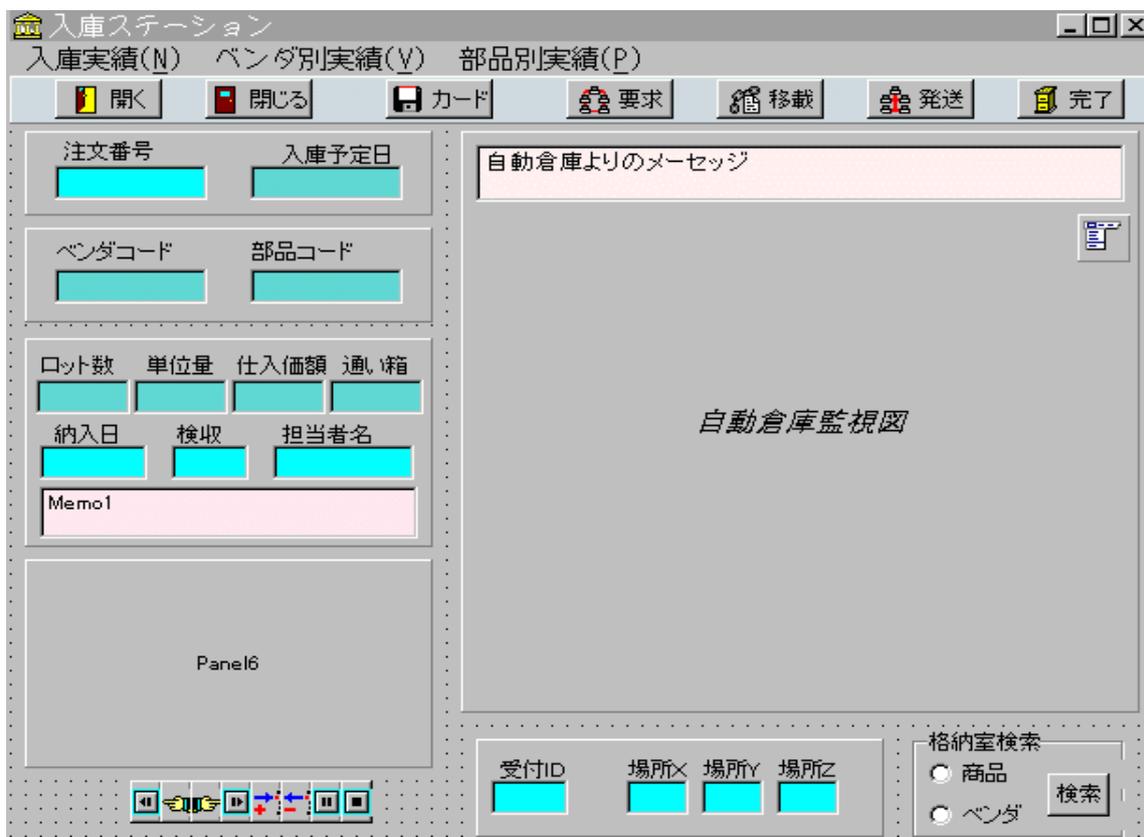


図 5.2 1 入庫作業画面



## 6 参照資料

- 1) 平成9年度FAオープンビジョン専門委員会報告書
- 2) 平成10年度FAの国際標準化事業報告書
- 3) MES 白書1 (The Benefits of MES: A Report from the Field)
- 4) MES 白書2 (MES Functionalities & MRP to MES Data Flow Possibilities)
- 5) MES 白書3 (Controls Definition & MES to Controls Data Flow Possibilities)
- 6) MES 白書4 (MES Software Evaluation / Selection)
- 7) MES 白書5 (Execution-Driven Manufacturing Management for Competitive Advantage)
- 8) MES 白書6 (MES Explained: A High Level Vision)
- 9) SIMA Reference Architecture Part 1: Activity Models (Reference Model)
- 10) NIST Response to MES Request for Information
- 11) Response to the MfgDTF RFI-3 MES (SEMATECH / Fraunhofer)
- 12) Ditto OHP version
- 13) Prism Tech's Implementation of a Mfg Framework : Experience & Recommendation  
Response to OMG RFI-3 : MES
- 14) Response to OMG MfgDTF RFI-3 : MES (Boeing)
- 15) Boeing's Response to the MES RFI
- 16) NIIP SMART / MESA Response to RFI-3 MES
- 17) Letter : Consilium's response to the MfgDTF MES RFI-3

—非 売 品—

禁無断転載

平成10年度 FAオープン推進協議会  
生産システムモデル専門委員会 成果報告書

発 行 平成11年5月

発行者 財団法人 製造科学技術センター  
〒105 東京都港区愛宕1-2-2  
電 話 (03)5472-2561