

MSTC アイデアファクトリー テーマ6:  
グリーンプロダクション基盤としての  
デジタルエコファクトリ構築のための  
調査研究

報告者 神奈川工科大学 松田三知子

# タイトルと実施体制

- タイトル：

「グリーンプロダクション基盤としての  
デジタルエコファクトリ構築のための調査研究」

- 実施期間：平成22年9月～平成24年3月

- 実施体制：

リーダー：神奈川工科大学 松田三知子

参加学術会員；法政大学 木村文彦

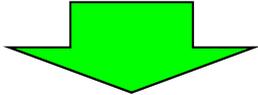
賛助会員企業：オムロン(株)

(株)小松製作所

清水建設(株)

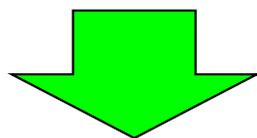
富士通(株)

## 研究の背景

- 現在、地球環境の持続性に配慮しながら製品ユーザに対するサービスを最適化することが求められ、製品ライフサイクル全体を視野にいれたものづくりが当然となっている。
  - DfE (Design for Environment) として、製品ライフサイクルの設計そのものについては、各種のCADE (CAD for Environment) の開発が行われている。
  - 環境マネジメントに関する国際規格ISO 14000シリーズの発行を皮切りに、ライフサイクルアセスメントの手法についても国際規格化された方法論が確立されつつある。
- 
- 製造現場では、リデュース・リユース・リサイクルの考え方を取り入れたシミュレーションを伴う生産設計（工程設計，作業設計）手法の提示や、各製造工程のより詳細な評価ツールの提供が望まれている。

## 研究の目的

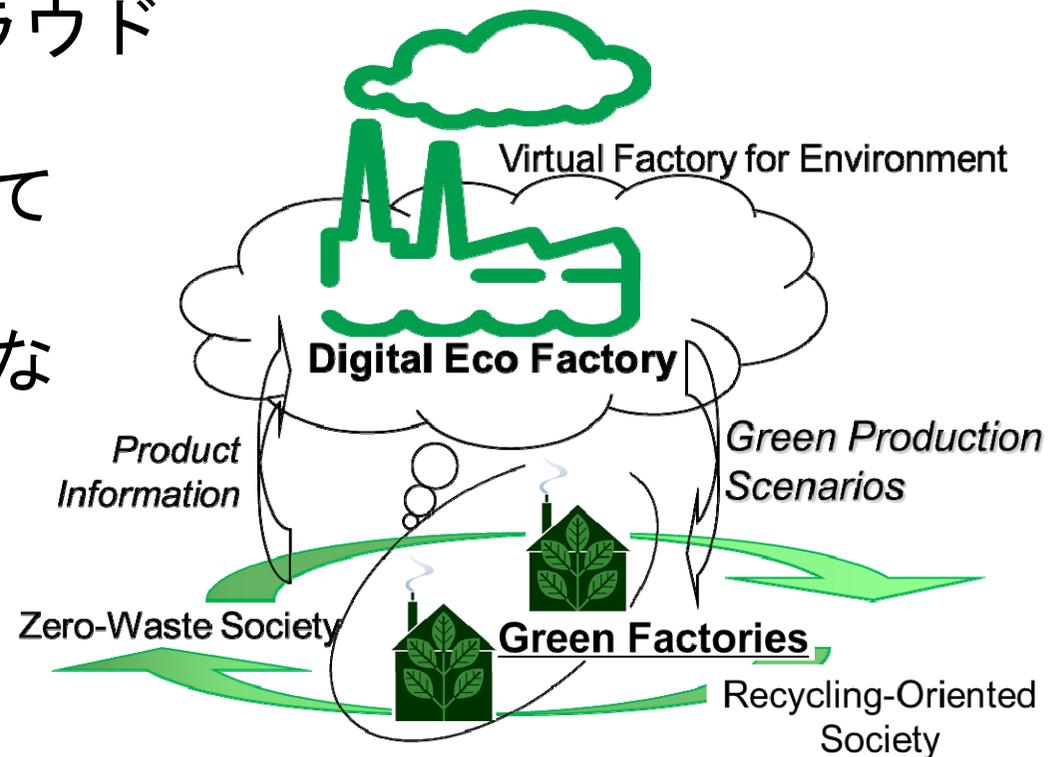
- グリーンプロダクション支援・推進のための環境情報プラットフォーム構築に向けて基礎的な調査を行うこと、およびシステムの基本設計を行うことを目的としている。



- 製品ライフサイクルの実現において中心となる場である生産段階に視点をおき、関連する既存技術や国際規格などをサーベイし、これらを情報ツールとして利用することを考える。
- 製品ライフサイクル設計支援ツール、インバース工程も含めた生産システム設計支援ツール、そしてライフサイクルアセスメント（LCA：Life Cycle Assessment）のためのツールなどを、デジタルエコファクトリとして統合した環境を構築するための方法を提案する。

## 期待される成果

- デジタルエコファクトリを利用することで、製品のライフサイクルシミュレーションに、分解、再利用も含めた製造工程についての科学的、定量的、客観的な環境負荷の評価を加えて、もっとも環境負荷の少ないやり方でのものづくりシナリオとその実現方法を提示できることが期待できる。
- デジタルエコファクトリをクラウドサービスなどを通してSaaS (Software as a Service)として配信することで、ごく少ないICT投資で広く一般に利用可能なグリーンプロダクションのための環境情報プラットフォームを提供する仕組みができる。



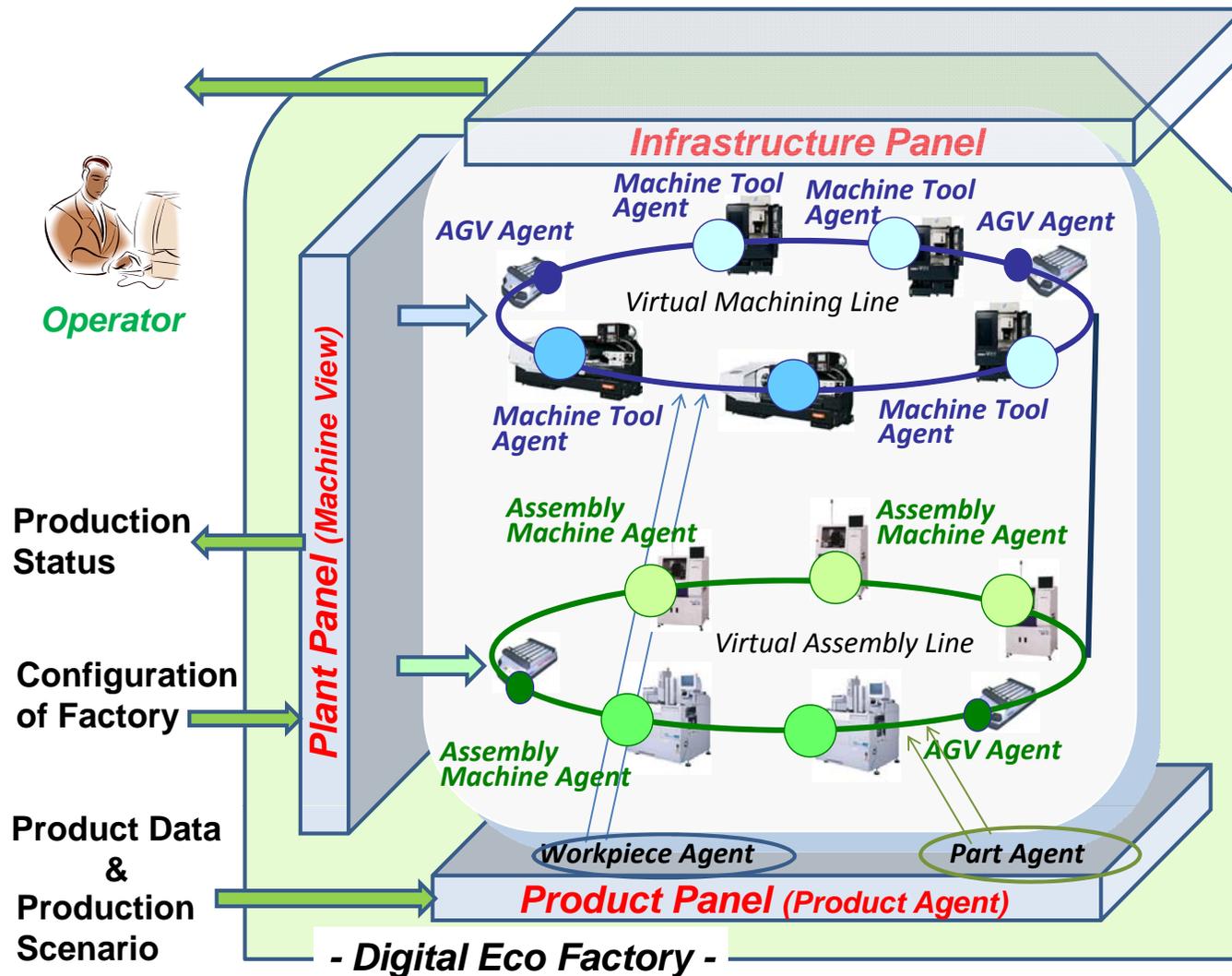
## 平成22年度の活動結果

- 環境影響評価関連の国際標準化状況について調査し、生産システムに対する全体評価のみではなく、製造工程ごとや製造設備ごとなど個々の生産システム要素についての評価からボトムアップ的に環境評価しようとしているISO20140の活動に注目した。
- 現在、実工場で行なわれている3Rの工夫、既存のDfEツールやLCAツールなどの利用状況などが報告され、低環境負荷な循環型社会実現に向けての製造現場からの要求などを集めた。
- 上記で得たものをデジタルエコファクトリへの要求仕様としてまとめた。コストや納期等を重視した従来通りのプロセスと環境指標との関係の見える化、情報技術をうまく利用できる環境すなわち様々なものづくりシナリオの評価など様々な要求を、シミュレーション項目に関する要求、インターフェースに関する要求の視点からも見つめて、要求機能とした。
- デジタルエコファクトリの概略イメージを示した。

## 平成23年度の活動内容

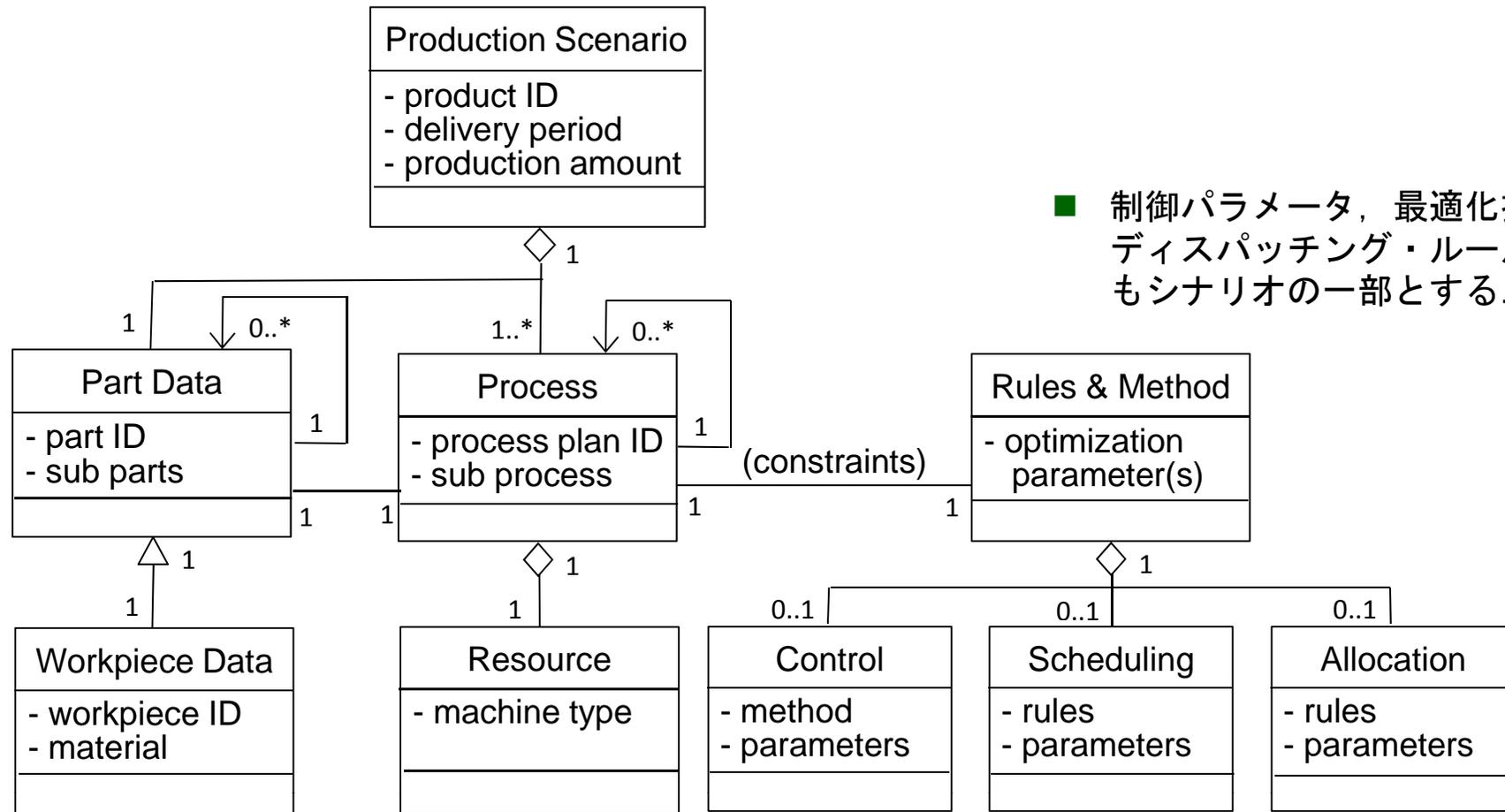
- デジタルエコファクトリの具体的な構成イメージを示した。ユーザーインターフェースを介して工場の構成要素である工作機械、ロボット、搬送機などを定義すると、それぞれソフトウェアエージェントとしてコンピュータ内にモデル化され、仮想工場を構成する。ここで、ユーザの与える様々な製造シナリオ案に対して仮想生産を実施し、製造システム全体や個々の工程、装置などについて稼働状態、製造コスト、環境パフォーマンスなどの評価を行なう構成を提案した。
- 提案のデジタルエコファクトリのイメージをさらに具体化することにより、システムとしての詳細設計を行った。
- プリント基板の製造ラインをテストケースとして、提案のデジタルエコファクトリに適用して詳細を検討した。
- 簡単なプロトタイピングを開始した。

# デジタルエコファクトリーの構成イメージ



- 製造ラインを構成する装置類，製造作業対象である素材や部品などをソフトウェアエージェントとしてモデル化し，デジタルファクトリーを構成する。
- プロダクトパネル，プラントパネル，インフラパネルを設け，それぞれの視点から，製造シナリオや製造ラインの設定，デジタルファクトリー上で実行する仮想生産のコストや環境パフォーマンスをモニタするインターフェースを与える。

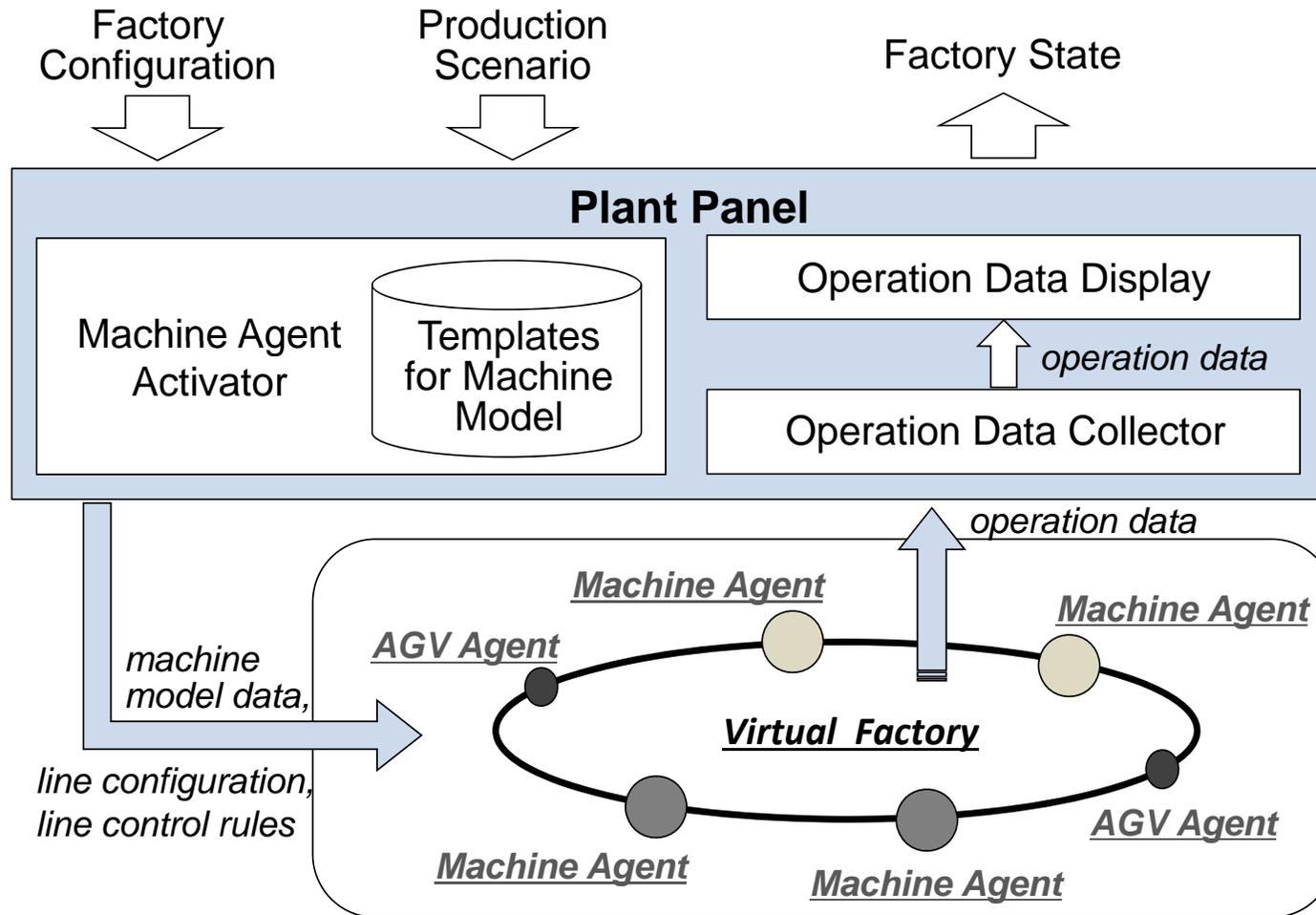
# 製造シナリオモデルの構成



- 制御パラメータ, 最適化指標, ディスパッチング・ルールなどもシナリオの一部とする.

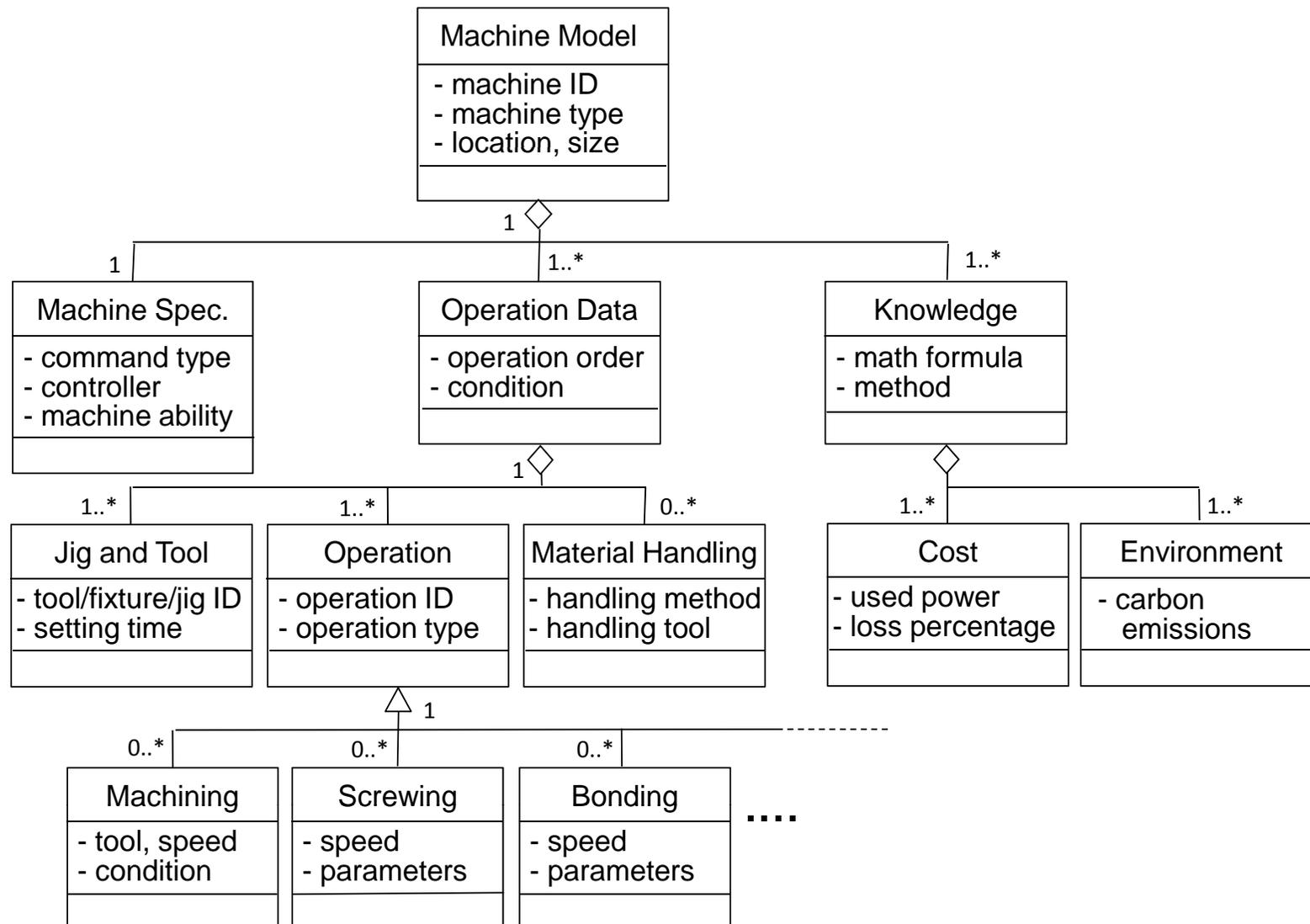
- 製品の製造シナリオを与えて, デジタルエコファクトリ上でシミュレーションを行い, そのコストおよび環境パフォーマンスを検討する.
- 製造シナリオは, 製品自身とその製造プロセスに関するデータから成る.

# プラントパネルの構成



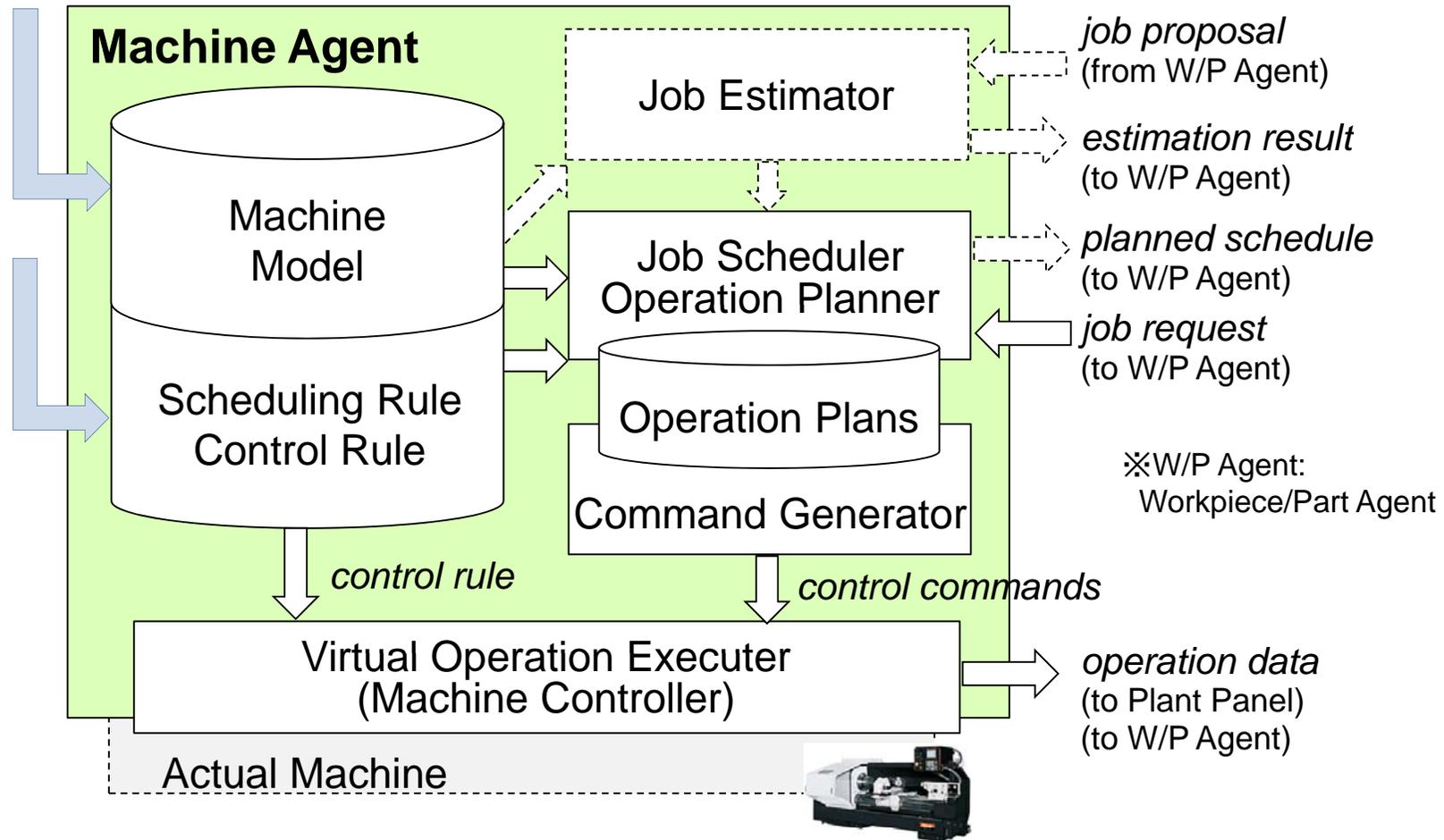
- プラントパネルは、仮想工場を構成する機械（装置）エージェントの生起を管理し、製造シナリオにしたがって使用機械のエージェントを活性化する。
- 仮想生産実施時には、各機械エージェントの稼働状況データを収集し、生産設備視点からのモニタリング情報として提示する。

# 機械モデル（テンプレート）の構成



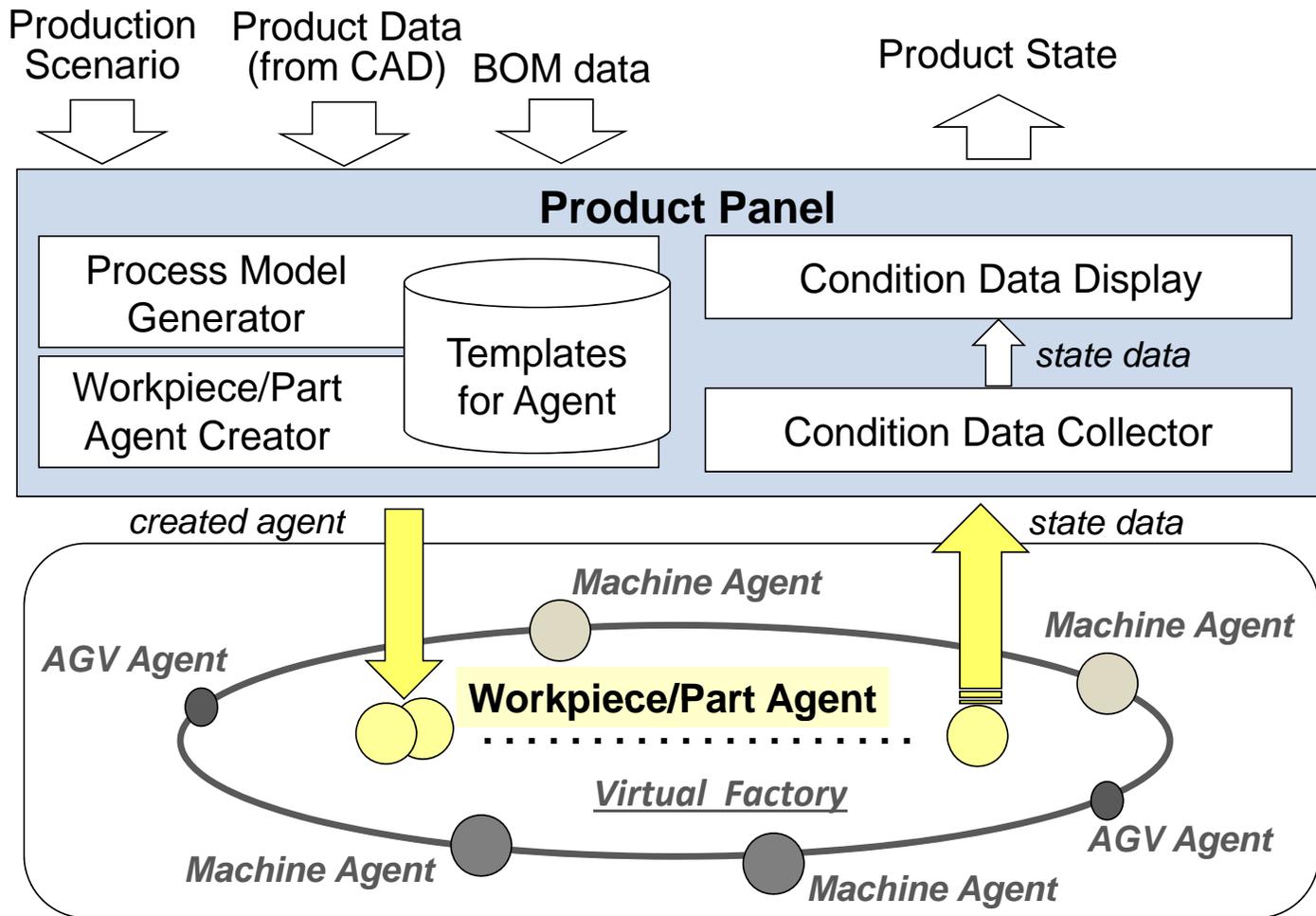
- 機械モデルには、機能や使い方も含めたその機械に関する情報を記述する。
- 各機械タイプごとの機械モデルのひな形をテンプレートとして用意する。

# 機械エージェントの構成



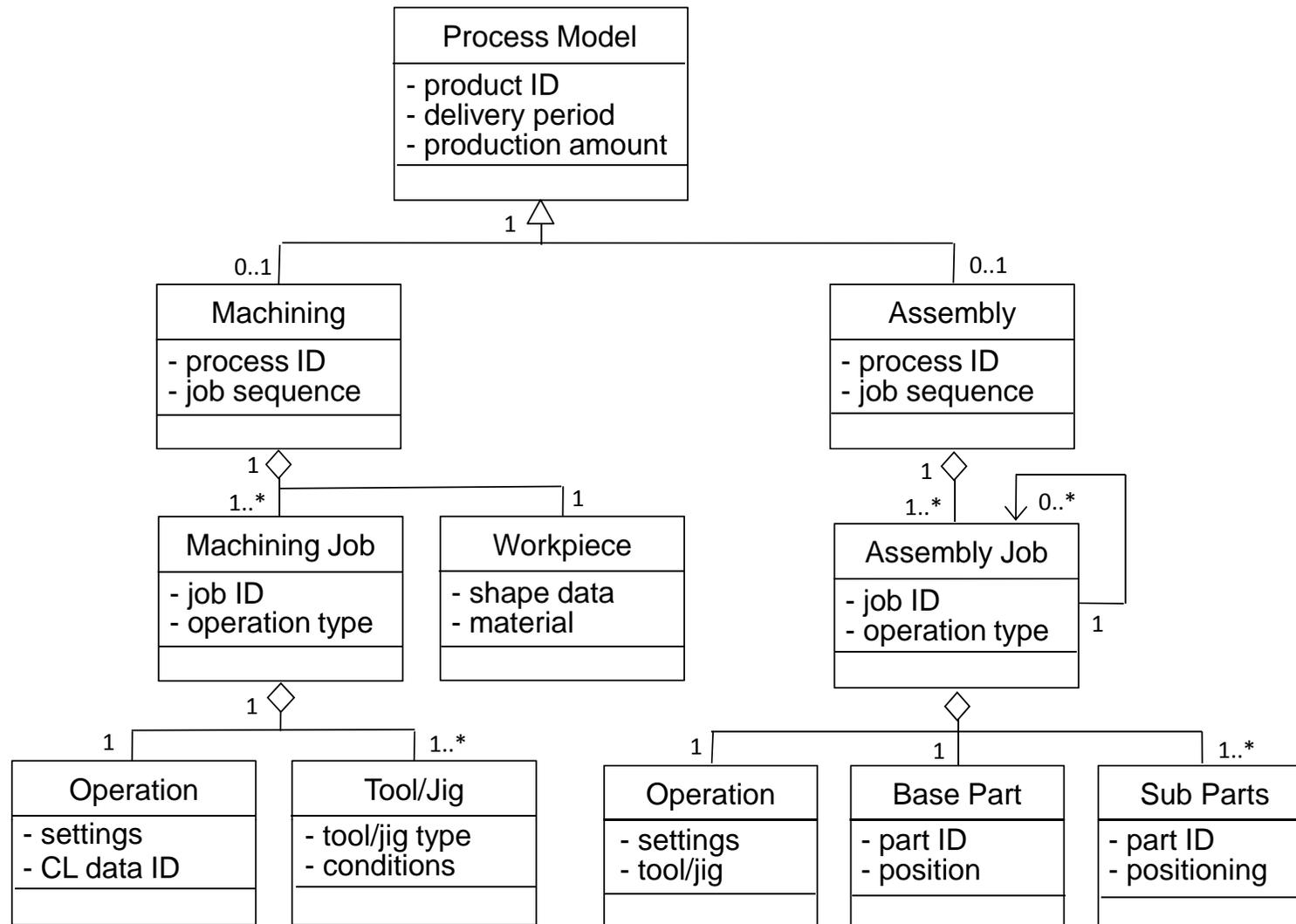
- 機械エージェントは、それぞれに機械モデルをもっている。
- 機械エージェントは、自身に割り当てられたジョブについて作業順序を決定し、オペレーションコマンドを生成する。このコマンドで実機械の制御もできる。
- 仮想的にコマンドを実行（シミュレーション）し、状態を報告する。

# プロダクトパネルの構成



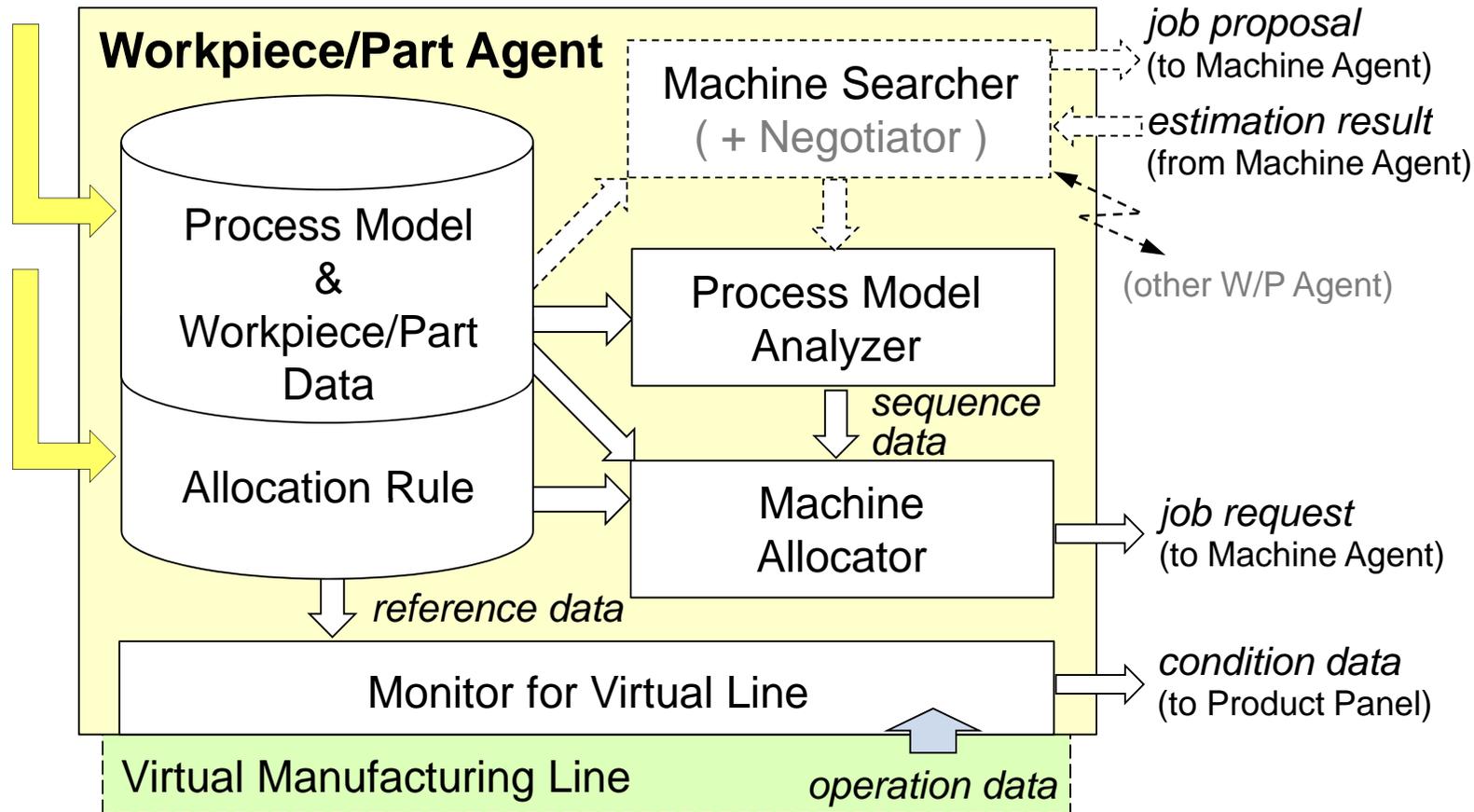
- プロダクトパネルは、製造シナリオに基づいて工程を設計し、製造対象となる製品の素材、ワーク、基本部品のエージェントの生起を管理する。
- 仮想生産実施時には、各エージェントの製造状況データを収集し、製造される製品側の視点でモニタリング情報として提示する。

# プロセスモデル（工程シナリオモデル）の構成



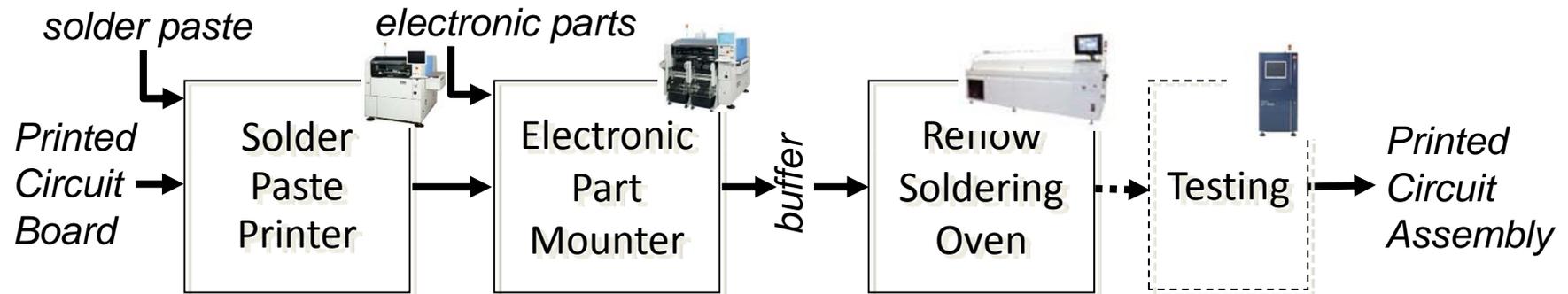
- プロセスモデルには、製造シナリオに基づいて生成した各工程の詳細情報を記述する。直接その工程に関係するワークや部品の情報も含む。

# ワーク／部品エージェントの構成



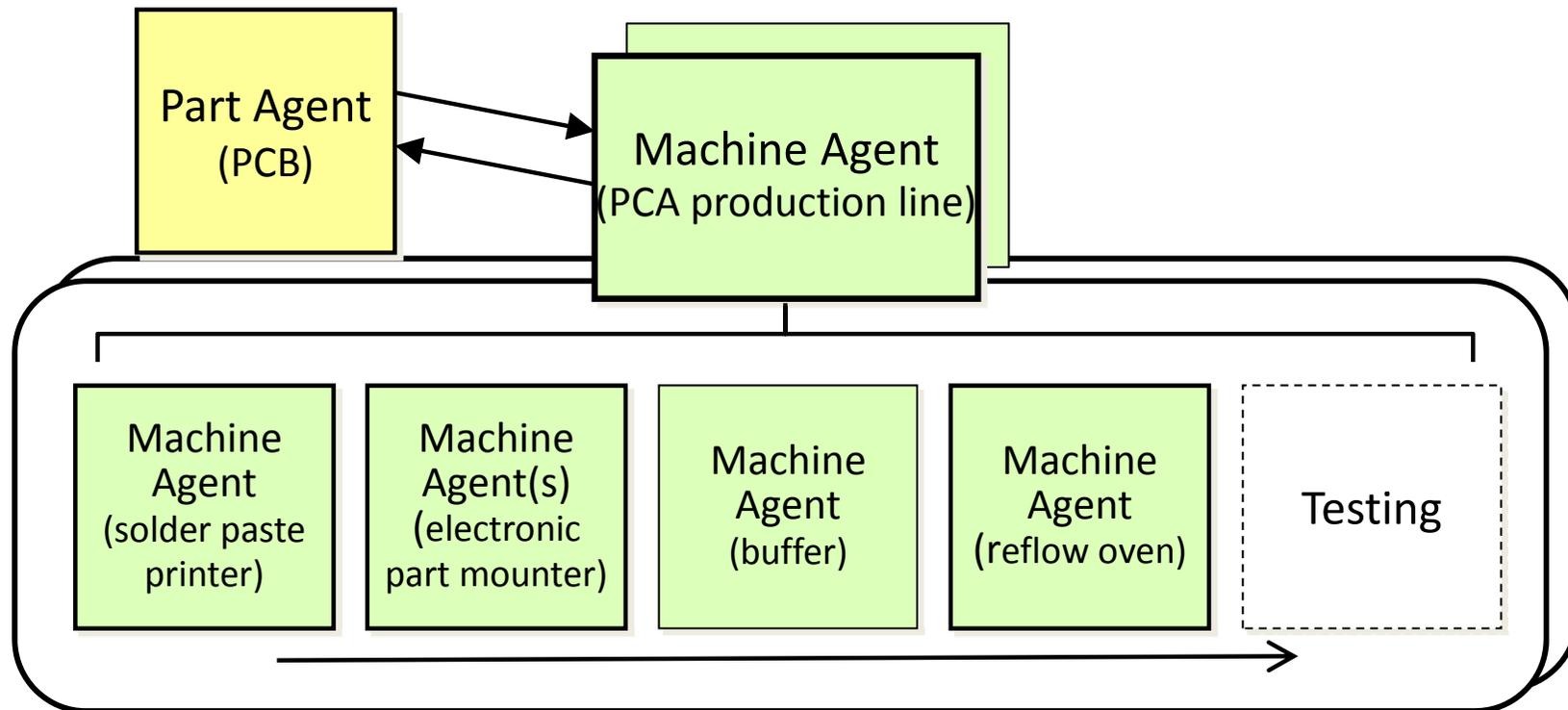
- 機械加工工程において加工対象となる素材をワークエージェントと呼び、組立工程において組付ける部品群の基盤となる部品を部品エージェントと呼ぶ。
- ワーク／部品エージェントは、仮想工場において、自身の工程を実行する機械エージェントを決定することで、その製造作業の実施を主導する。
- ワークや部品への仮想生産実行時の状況、状態などのデータを報告する。

# 【ケーススタディ】プリント基板ユニット製造ライン



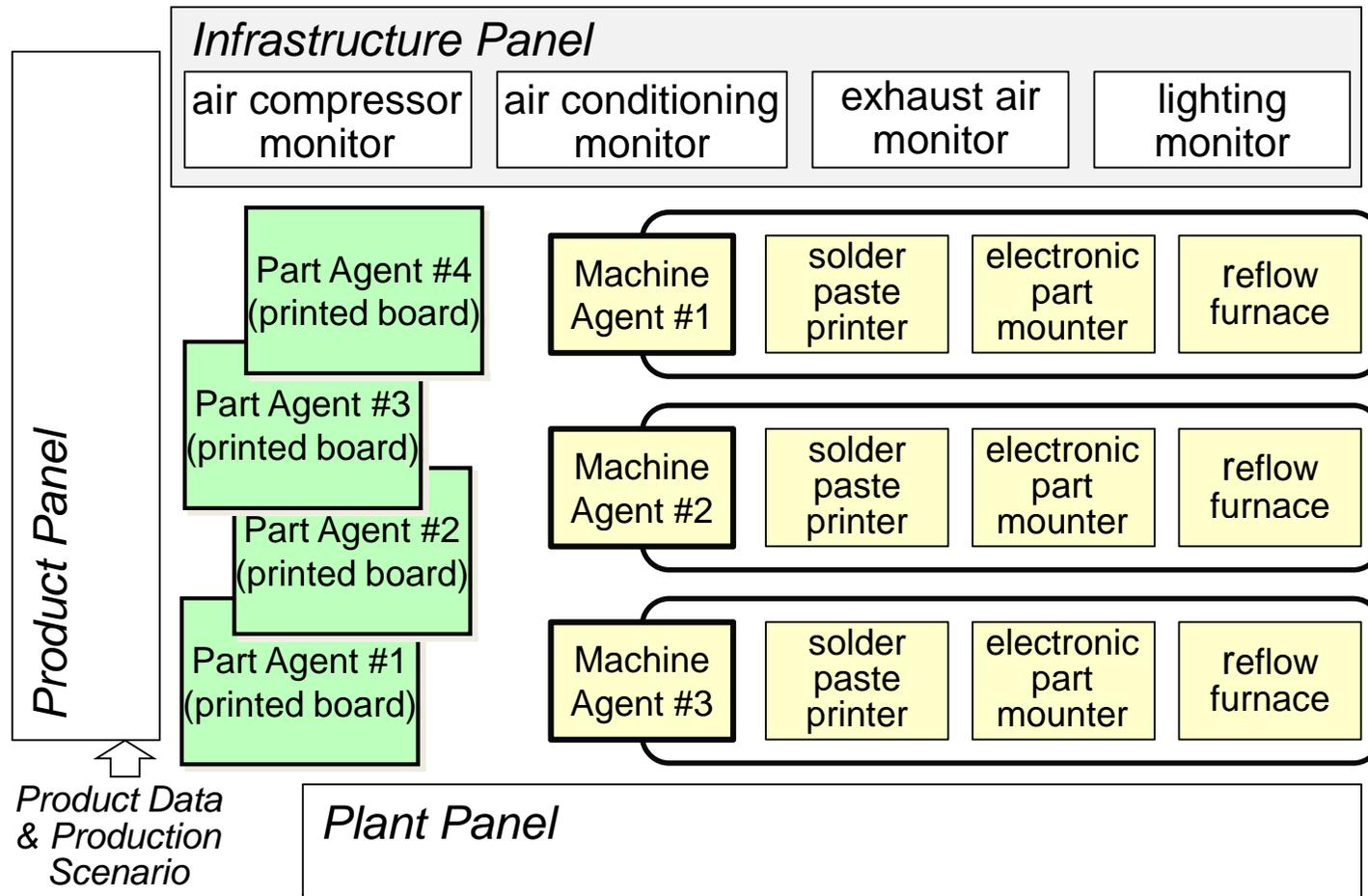
エージェント要素	詳細(機能 , シミュレーション要素)
はんだ印刷機 (solder paste printer)	消費電力(使用電力パターン(生産量, 種類など), 定常パターン(稼働時, 待機時)など), 段取り(マスタ交換, はんだ種類など), エアー使用量
マウンタ (electronic part moulder)	消費電力(使用電力パターン(生産量, 種類など), 定常パターン(稼働時, 待機時)など), 段取り, ピッキング(エラー率), エアー使用量
リフロー炉 (reflow Soldering oven)	消費電力(使用電力パターン(生産量, 種類など), 定常パターン(稼働時, 待機時)など), 段取り(温度パターン), エアー使用量
検査機 (testing)	稼働時間(=使用電力)
エアーコンプレッサ	エアー使用量 消費電力量

## 【ケーススタディ】プリント基板ユニット製造ラインのモデル化



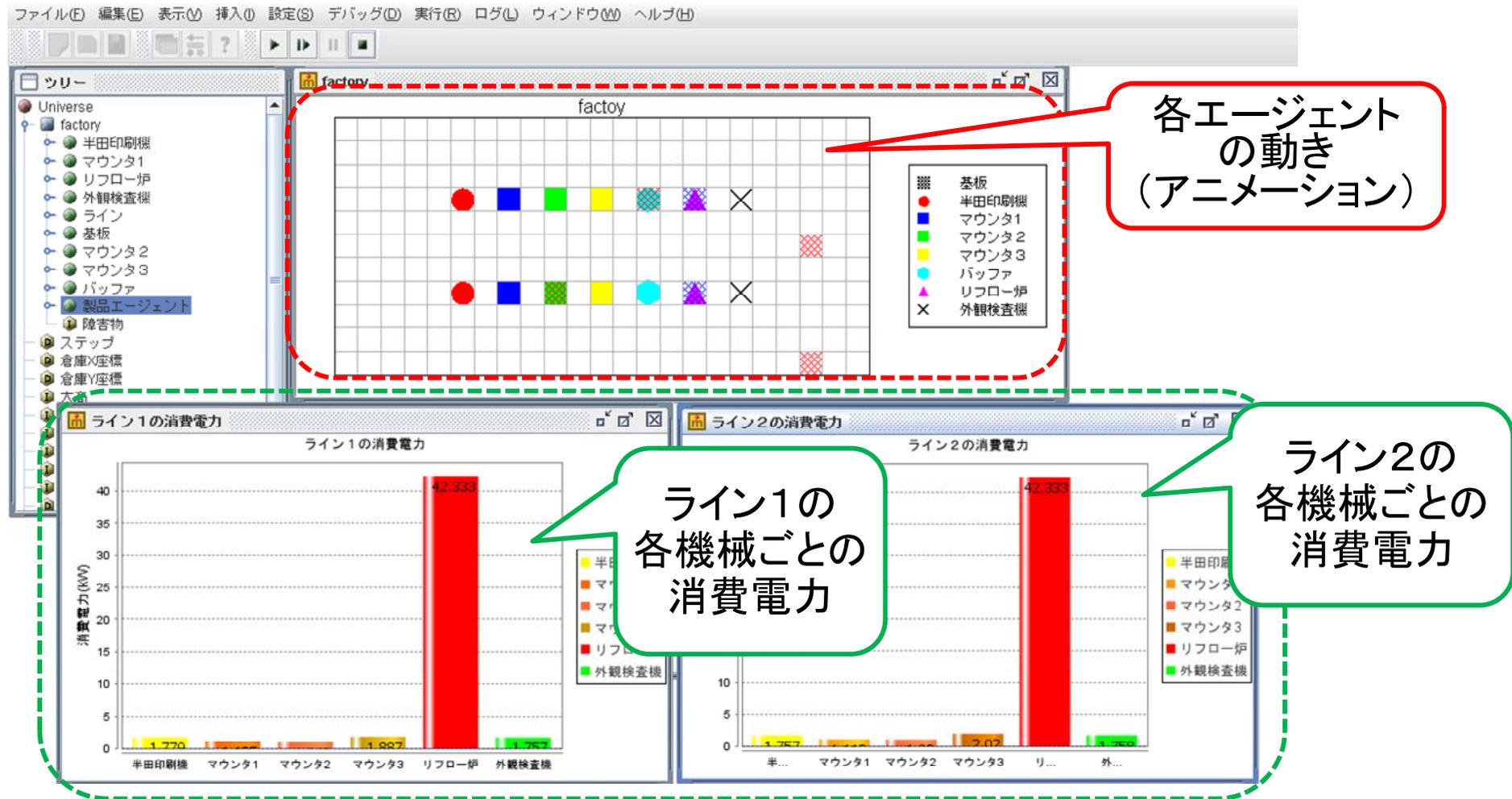
- プリント基板ユニットの一本の製造ラインは、ハンダ印刷機， 1～3台の電子部品搭載機（マウンタ）， リフロー炉から構成する。
- 担当製造ラインが決まると，途中で他のラインに投入されることはないことから，一本の製造ラインをひとつの機械エージェントとして扱う。（ただし，実装上は各構成機械もエージェントとしてモデル化し，ラインはこれを統括する管理エージェントとして実装することもありうる。）
- （プリント）基板を部品エージェントとする。

## 【ケーススタディ】プリント基板ユニット向け仮想プラントの構成



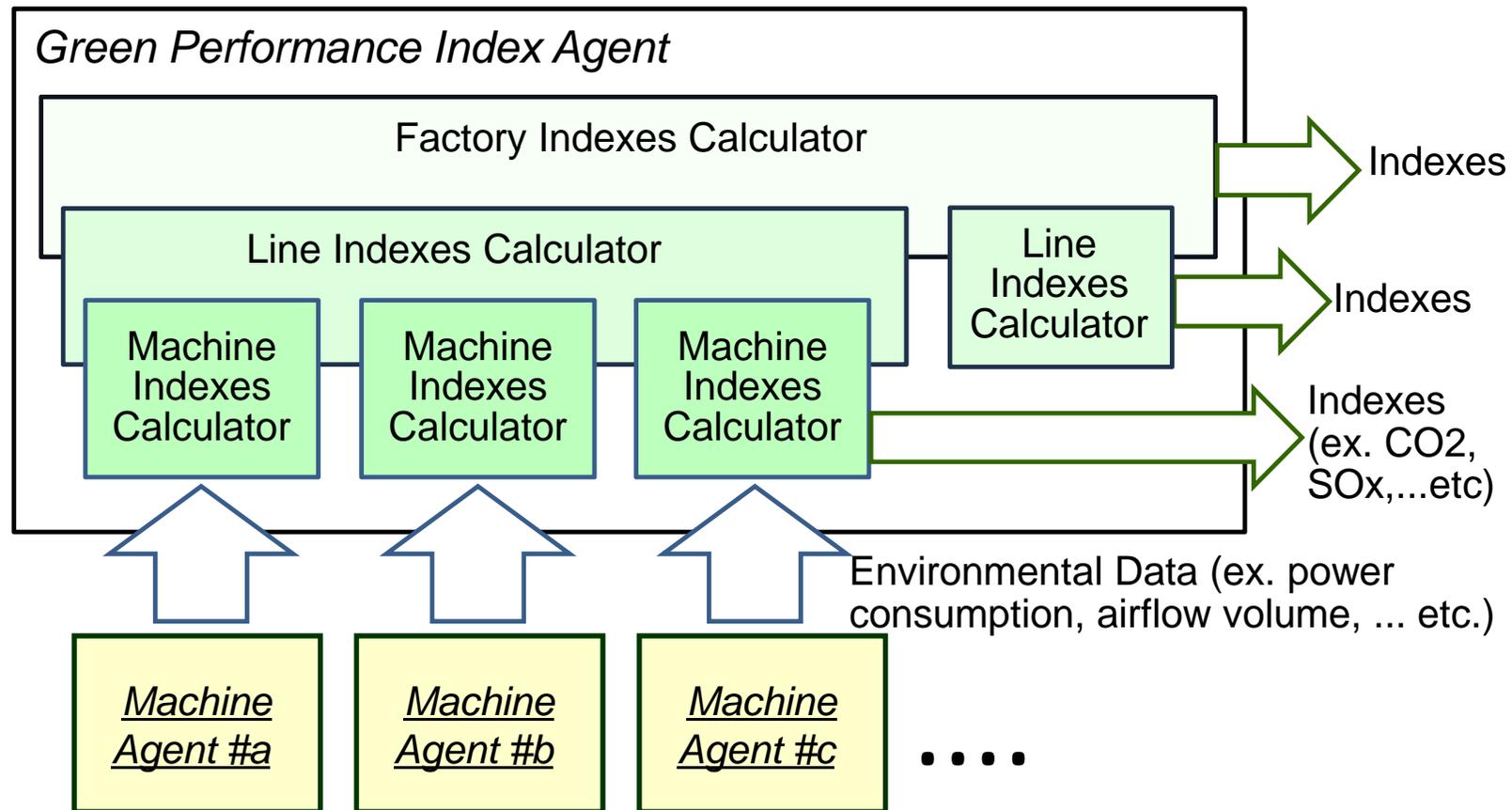
- プリント基板ユニット製造向けのデジタルエコファクトリを構成する。複数の仮想製造ラインから成り、大中小の様々な基板ユニットを生産する。
- インフラパネルは、エアーコンプレッサ、クーラント、熱源などのプラントの共通設備をどれくらい使うかをモニタする。

# 【ケーススタディ】プリント基板ユニット向け仮想プラントの試作



- マルチエージェントシステム開発環境「artisoc」を利用してプロトタイピングを試みている。ウィンドウの切り替えにより様々なビューでシミュレーションの様子をモニタリングできる。

# 環境パフォーマンスインデックス・エージェントの導入



- インフラパネルを拡張して、環境パフォーマンスインデックス・エージェントとする。機械エージェントからのデータを基に、機械ごと、ラインごと、エリアごとなど様々な粒度で環境パフォーマンスインデックスを求める。
- 環境パフォーマンスインデックス・エージェントの導入により、ユーザの要求に合わせた視点や粒度でインデックスを得ることが可能となる。

# 平成22～23年度の活動総括

- デジタルエコファクトリの要求仕様書案の完成
- 提案されたデジタルエコファクトリの要求仕様書案の検討と評価
- デジタルエコファクトリの概念設計案作成
- ケーススタディによる検討
- デジタルエコファクトリの設計案の検討
- まとめ

平成22年度にまとめた要求仕様書に基づいて、平成23年度には、デジタルエコファクトリのイメージを具体化することにより、システムとしての概略を設計した。さらに、プリント基板の製造ラインをテストケースとして適用して、提案のデジタルエコファクトリについて検証した。製造ラインの構成装置やライン上を流れる製造対象などもソフトウェアエージェントとしてモデル化したことにより、ライン構成や装置機種の変更が容易に行え、個々の構成要素の動作も含めた詳細なモデル化が可能となる。また、個々の構成要素の環境影響評価とそこからのボトムアップな環境影響評価も可能となる。

## 今後の課題

デジタルエコファクトリを利用することにより、従来の生産性に加えて環境負荷の面についても製造シナリオを検討することが可能となる。回収、分解、分別などの工程についても同様の方法が適用でき、製品ライフサイクル中の企業サイドが担当する大きな部分について、デジタルエコファクトリを利用したサポートが期待できる。これを達成するためには、以下の課題をクリアする必要がある。

- ユーザがそれぞれの目的に合わせたマイ・デジタルファクトリを構成して利用できるようにするために、クラウド化によるSaaSとしての利用を意識したシステム仕様およびインタフェースの検討。
- デジタルエコファクトリの詳細設計。（これまでの活動成果として得たデジタルエコファクトリの全構成要素について、その詳細を実装可能なレベルまで具体化。）
- （外部資金を得て）デジタルエコファクトリをベースとした環境情報プラットフォームの試作。
- デジタルエコファクトリの適用事例の開発とそれを用いた検証。