

日本機械学会:研究分科会(P-SCD386)
インターネットを活用した「つながる工場」における
生産技術と生産管理のイノベーション研究分科会
第3回会議講演
2015年2月23日 日本機械学会会議室(東京都新宿区)

エンジニアリングチェーンにおける 生産システムのシミュレーション技術

東京理科大学 理工学部 経営工学科
日比野 浩典

hibino@rs.tus.ac.jp

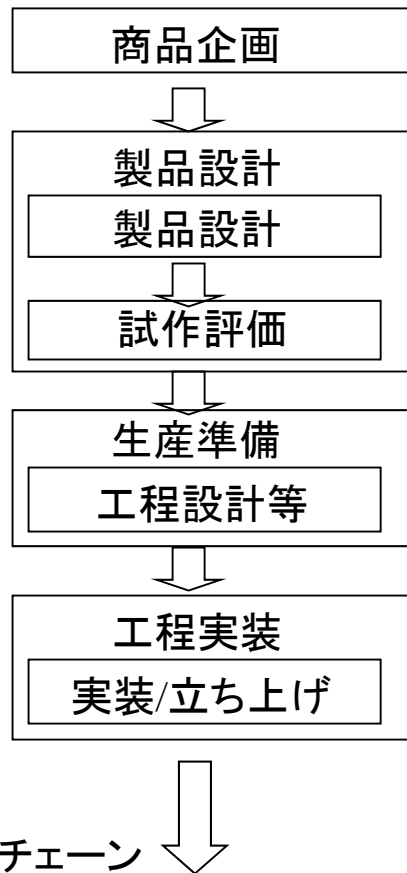


講演内容

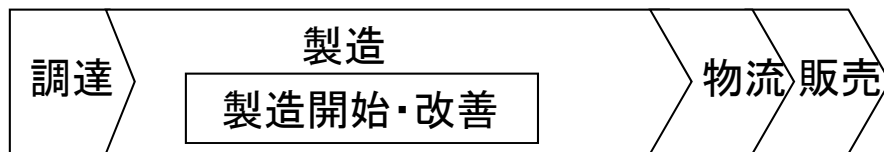
1. エンジニアリングチェーンにおける
生産システムのシミュレーション技術
2. 生産準備段階: 生産システムシミュレーション技術
3. 生産システムのシミュレーションプロセスと要求項目
4. 生産準備段階: シミュレーション技術と標準技術
 4. 1 CMSD
 4. 2 HLA
5. 工程実装段階: 設備シミュレーション技術
6. まとめ

エンジニアリングチェーンの効率化とシミュレーション技術の役割

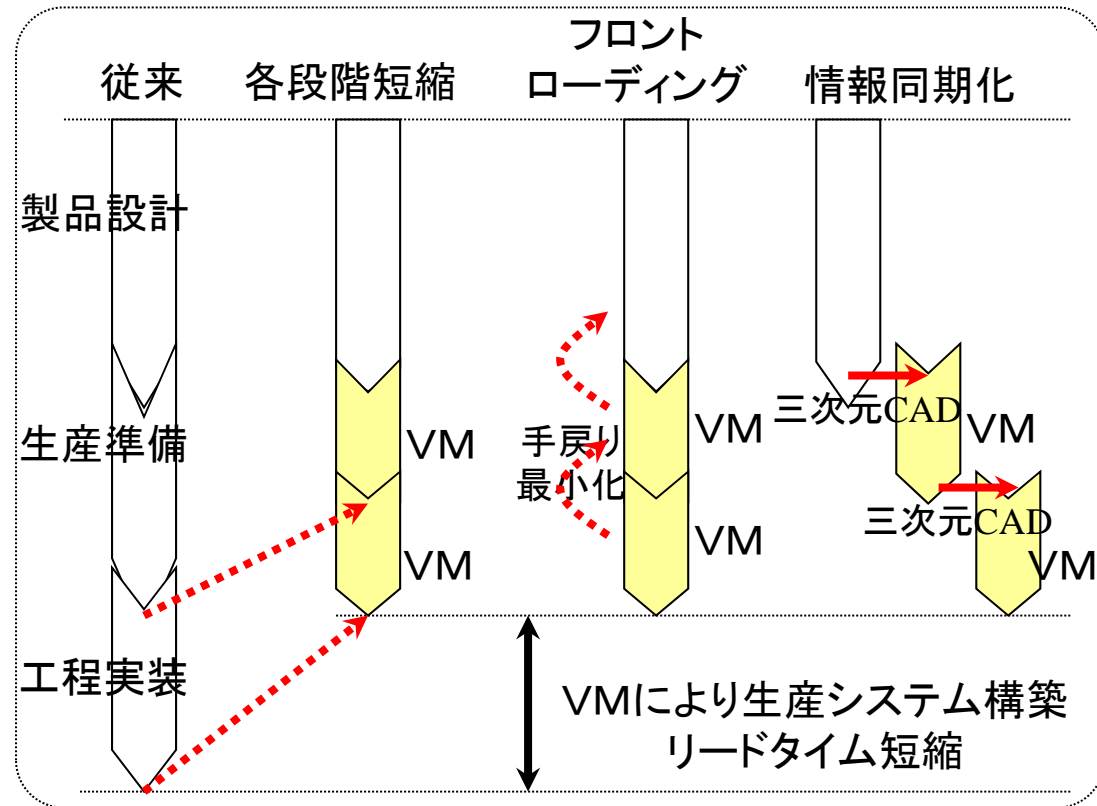
エンジニアリングチェーン



サプライチェーン

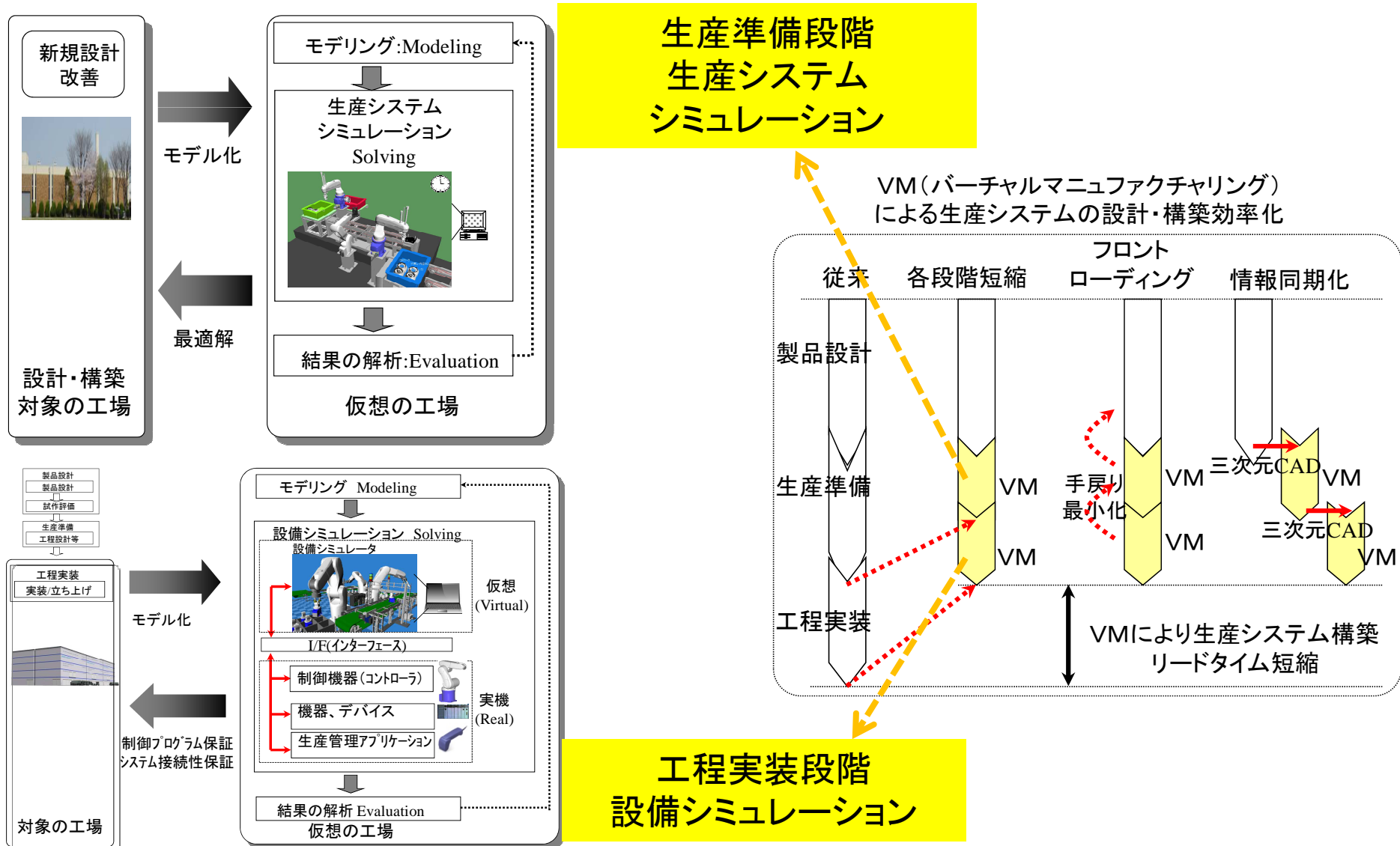


VM(バーチャルマニュファクチャリング)
による生産システムの設計・構築効率化

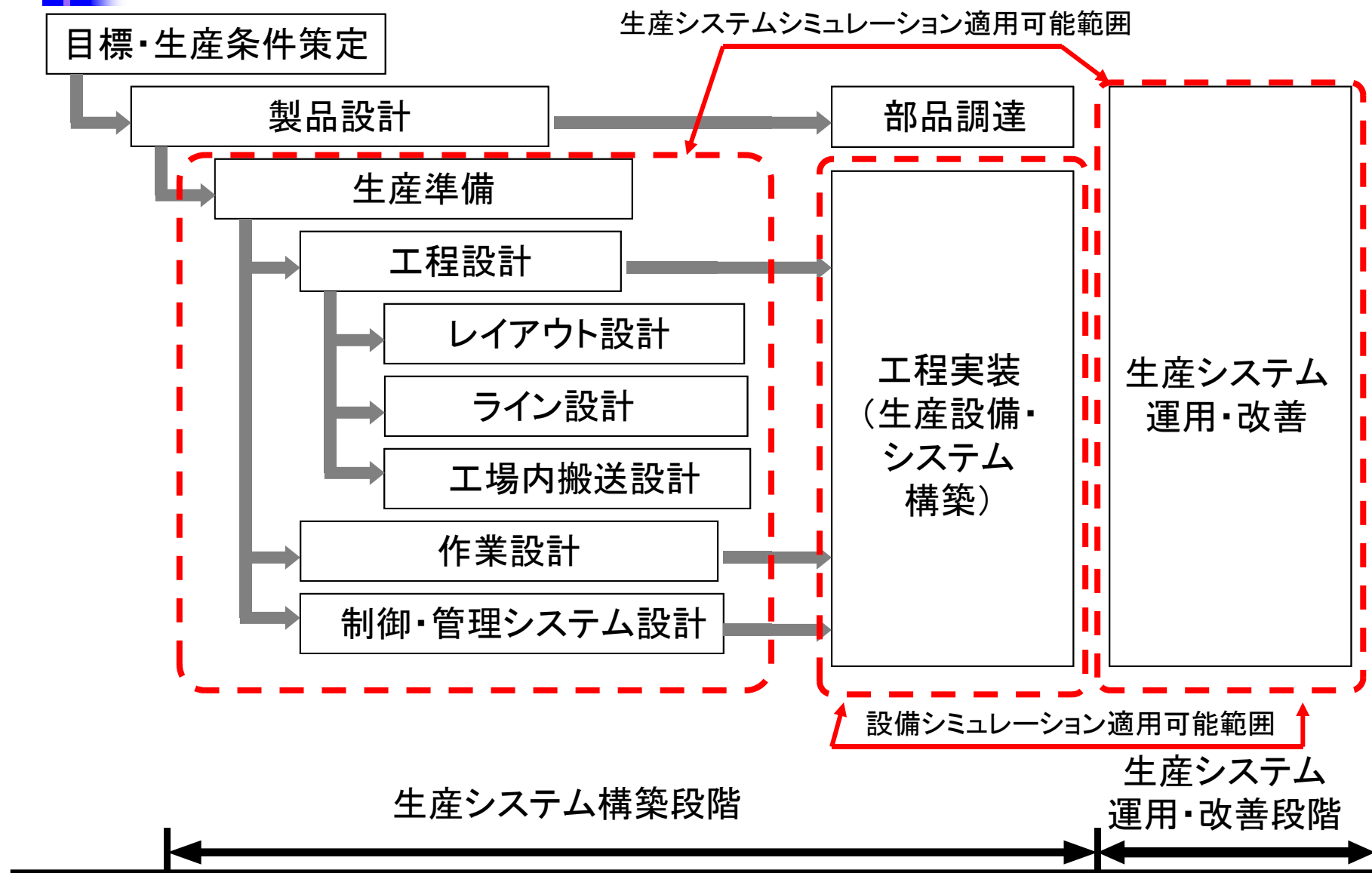


VM(バーチャルマニュファクチャリング)
 計算機の中に生産における様々な要素やそのプロセスをモデル化し、計算機内で生産の事前評価を実施する技術。
 生産システムを無駄なく、間違いなく、短期間で構築するための支援技術

エンジニアリングチェーンにおける 生産システムのシミュレーション技術



生産システム構築・運用とシミュレーションの関係



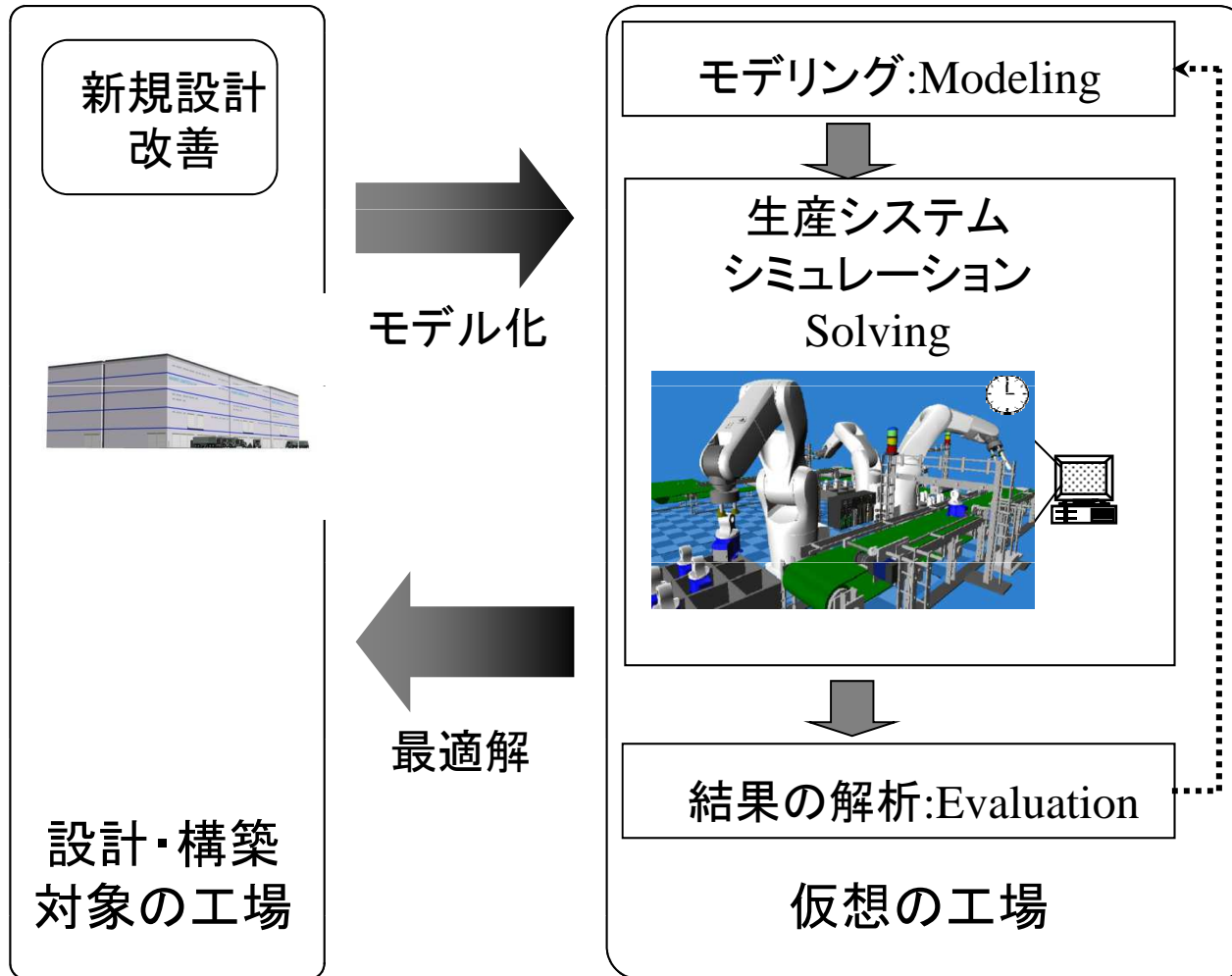


講演内容

1. エンジニアリングチェーンにおける
生産システムのシミュレーション技術
2. 生産準備段階: 生産システムシミュレーション技術
3. 生産システムのシミュレーションプロセスと要求項目
4. 生産準備段階: シミュレーション技術と標準技術
 4. 1 CMSD
 4. 2 HLA
5. 工程実装段階: 設備シミュレーション技術
6. まとめ

生産システムシミュレーション

生産システムをコンピュータ内の仮想空間にモデル化し、
仮想工場として物流・情報流を解析



生産システム評価

- ◆ 生産レイアウトの検討
- ◆ 生産ラインの能力評価
- ◆ スループット量の評価

生産ライン評価

- ◆ ライン稼働率の評価
- ◆ 生産ロットサイズの評価
- ◆ バッファ容量の評価
- ◆ 設備故障対策の検討

生産マネジメント

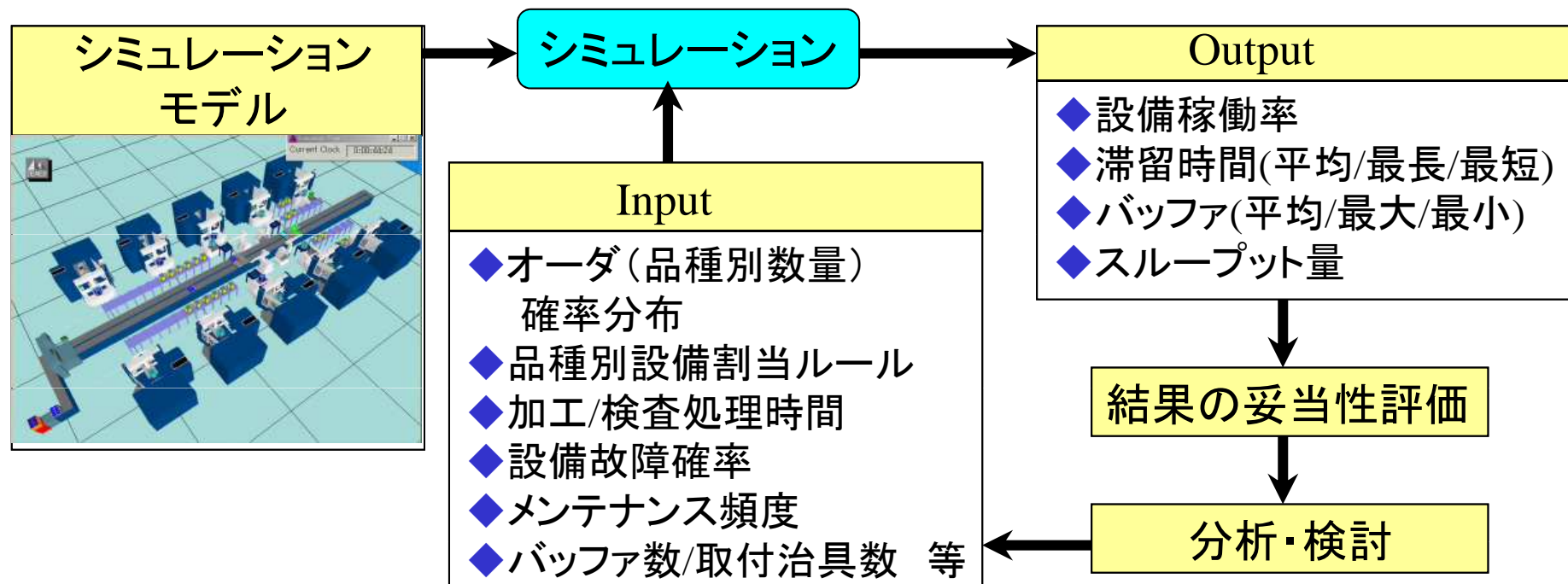
- ◆ 生産管理方式の検討
- ◆ 生産順序、段取替検討
- ◆ 在庫評価 など

人員のマネジメント

- ◆ 作業配置の検討
- ◆ 作業時間・稼働率評価
- ◆ 作業数の最適化
- ◆ 作業負荷の検討

シミュレーションを利用する生産システム評価例

対象:FMS 目的:マシニングセンターの台数決定
レイアウトの決定
取付治具の数
バッファ容量の策定 等



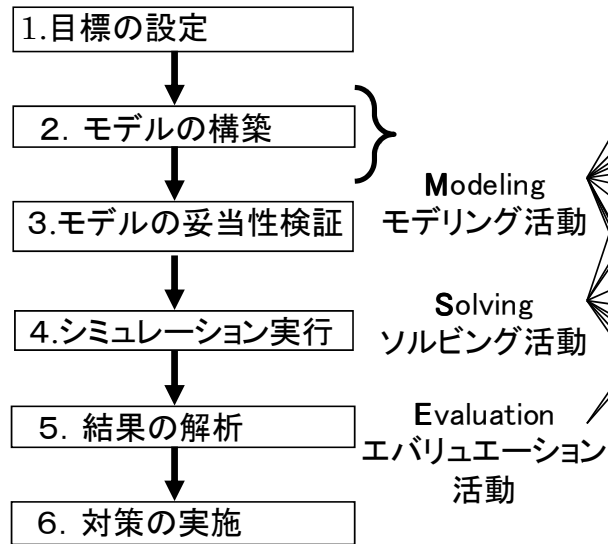


講演内容

1. エンジニアリングチェーンにおける
生産システムのシミュレーション技術
2. 生産準備段階: 生産システムシミュレーション技術
3. 生産システムのシミュレーションプロセスと要求項目
4. 生産準備段階: シミュレーション技術と標準技術
 4. 1 CMSD
 4. 2 HLA
5. 工程実装段階: 設備シミュレーション技術
6. まとめ

生産システムのシミュレーション実施の流れと要求項目

シミュレーション実施の流れ



シミュレーション実施における代表的な要求項目

- A Model Credibility (M&S) モデルが信頼できる
 - A-1 Model Describable (M) 対象システムのモデルを忠実に表現可能
 - A-2 Program Verification (M&S) プログラムの妥当性を検証可能
 - A-3 Model Validation (M&S) モデルの妥当性を評価可能
- B Usability (M&S&E) 専門家でもなくても容易に使用可能
 - B-1 Simple Modeling (M) 容易にモデリング可能(モデリング支援、学習等)
 - B-2 Visualization (S&E) 可視化可能(見えるもの、見えないもの)
 - B-3 Reusability (M) 再利用など継続して利用可能
- C Optimization (S&E) システムを与条件に対して最適化可能
- D Interoperability (M&S) オープンインターフェースを保有、他システムと統合可能
 - D-1 Distributed Simulation (M&S) 異種シミュレータと連携可能
 - D-2 Data Exchangeability (M&S) 基本的なデータを交換可能(CAD, データベース等)
 - D-3 Manufacturing Emulation (M&S) 実機あるいはエミュレータと連携可能

Model Credibility:

シミュレーションの目的に合わせた忠実なモデル化, およびモデルに合わせたシミュレーションのプログラム作成などモデルの信頼性に関する項目

Usability:

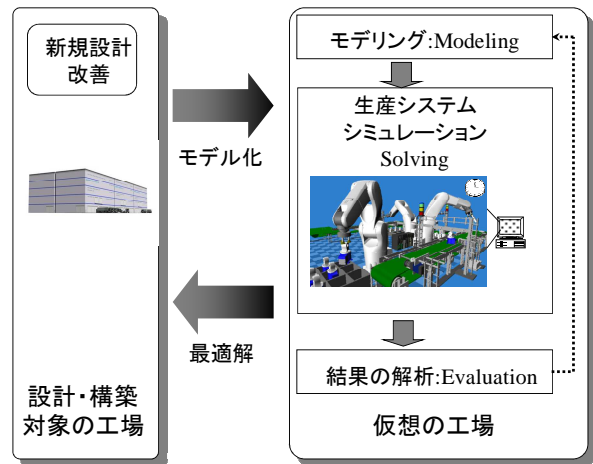
専門家以外でも容易にシミュレーションを使用するなど利用に関する項目

Optimization:

システムの与条件に対する最適化に関する項目

Interoperability:

オープンインターフェースの保有, および他システムと統合など相互接続に関する項目



A: Model Credibility

生産システムのモデル化の指針例

		設計評価対象				
		システム全体	個別サブシステム			
			ラインサブシステム(加工・組立)	搬送サブシステム	貯蔵サブシステム	生産制御サブシステム
設計段階	構想レベル	コンセプト システムイメージ 規模・能力 設置場所 許容投資額 投資の可能性	目標・指針 必要工程能力 許容稼働率	目標・指針 必要搬送能力 許容稼働率	目標・指針 必要保管能力 許容稼働率	目標・指針 操作イメージ
	基本設計レベル	◎ 工場の活用レベル ◎ 物流効率 ◎ サブシステムの配置 ○ システム構想図 ○ 概略投資対効果 ○ システム構想図作成	◎ 構成要素の機能(論理的な工程等) ◎ システム稼働率 ○ 概略投資額 ○ システム構想図作成	◎ 構成要素の機能(論理的な搬送経路) ◎ システム稼働率 ○ 概略投資額 ○ システム構想図作成	◎ 構成要素の機能(倉庫能力など) ◎ システム稼働率 ○ 概略投資額 ○ システム構想図作成	◎ 管理制御手法機能(JIT、MRP、在庫管理手法など) ○ システム機能(自動化レベルなど) ○ 概略投資額 ○ システム構想図作成
	仕様設計レベル	◎ 工場レイアウト ◎ 全体システムの性能 ○ 詳細投資額 ○ 全体投資対効果 ○ システム仕様書作成	◎ 構成要素の構造(工程レイアウト、流動方式等) ◎ 構成要素の機能 ○ 詳細な投資額 ○ システム仕様書作成	◎ 構成要素の構造(物理的な搬送経路) ◎ 構成要素の機能(機種など) ○ 詳細な投資額 ○ システム仕様書作成	◎ 構成要素の構造(保管レイアウトなど) ◎ 〇 ○ 詳細な投資額 ○ システム仕様書作成	◎ 構成要素の構造(JITの制御方法など) ○ 詳細な投資額 ○ システム仕様書作成
	詳細設計レベル	◎ 全体システムの性能 ○ 詳細導入計画	◎ 構成要素の構造(工程制御、分岐・合流制御等) ○ 設備図面作成	◎ 構成要素の構造(AGV制御方法など) ○ 設備図面作成	◎ 構成要素の構造(入出庫制御方法など) ○ 設備図面作成	◎ 構成要素の構造(異常処置方法) ○ ソフトウェア仕様書作成

◎シミュレーションによる設計作業項目

○二次的にシミュレーション結果を使用する項目

出典:「生産システム設計評価における分散シミュレーションの実行環境に関する研究」
日比野浩典 博士論文

◆モデル化の標準技術はない

◆生産システムシミュレータの適用範囲(対象・設計レベル)に制限

◆自動車企業, 自動車部品企業, 電機企業では, 社内標準のシミュレーションモデルがある??

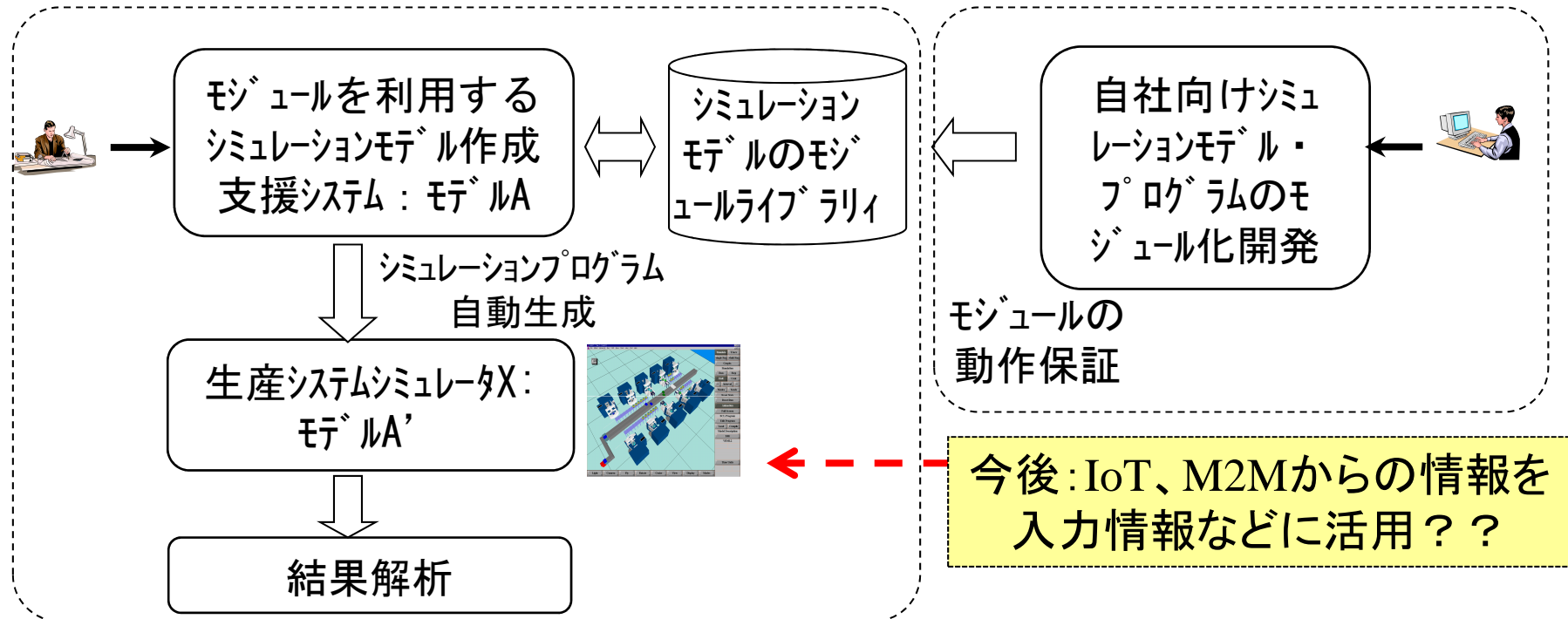
◆仕様設計レベル、および、詳細設計レベルでは正確なシミュレーションへの入力情報が必要とされ、IoT、M2Mでこれらの情報を獲得できればシミュレーションの精度向上に有益

B:Usability, B-1 Simple Modeling

モデリング支援:モデルのモジュール化とその利用

シミュレーション利用エンジニア

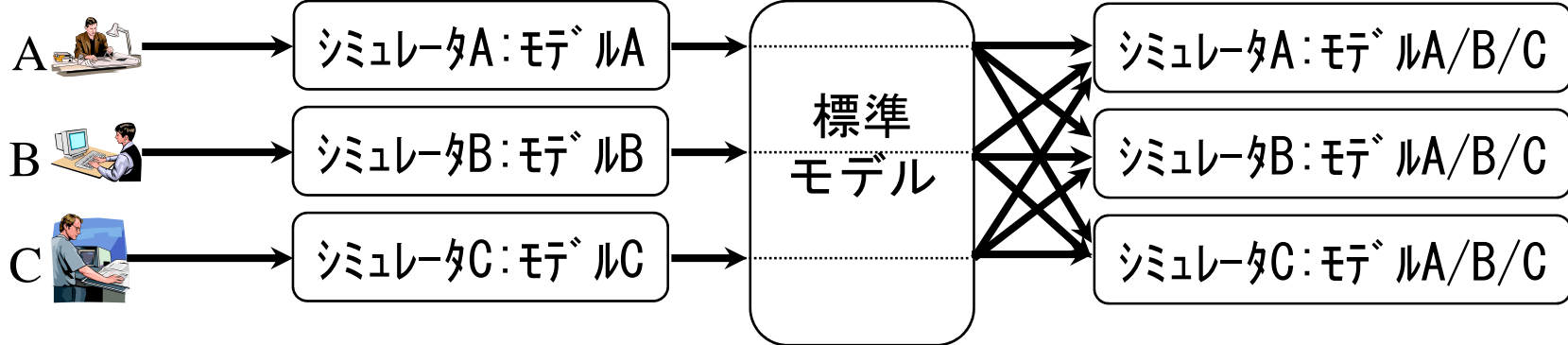
モジュール開発エンジニア



- ◆設計対象システムの構成が比較的明確で、繰り返して設計が行われる場合は、シミュレーションモデルを専用化し、単純化することで利用の敷居を下げ、シミュレーションの実施期間を短縮。
- ◆自動車企業、自動車部品企業、電機企業では、独自に自社向けのシミュレーションモデルをモジュール化
- ◆モデル化の指針に合わせて、専用工作機械やロボットなどの設備などをモジュール化。モジュールは、振る舞いを保証するシミュレーションプログラムを含む。
- ◆通常、商用シミュレータとは別にユーザインターフェースを独自に開発し、モデル作成を支援。
- ◆モジュールの開発エンジニアとシミュレーションを利用するエンジニアを機能分けして配置。

生産システムシミュレータ間の連携方法 (D:Interoperability)

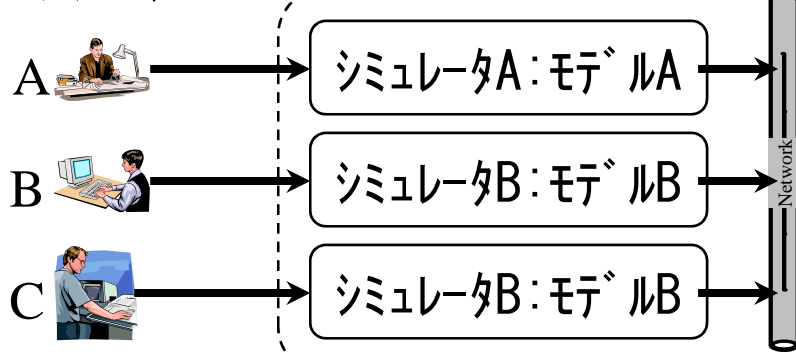
エンジニア



標準モデルで異種シミュレータのモデル(プログラム)互換保証

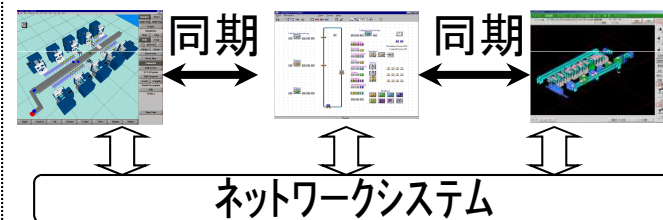
標準モデルで異種シミュレータ間連携

エンジニア



例:シミュレータA+B+Cで加工・搬送・組立での生産システム全体シミュレーション実施

シミュレータA: シミュレータB: シミュレータC
加工ライン 搬送システム 組立ライン



分散シミュレーションにより複数のシミュレータをネットワークに接続し、同期し、一つのシミュレーションを実施

分散シミュレーションで異種シミュレータ間連携



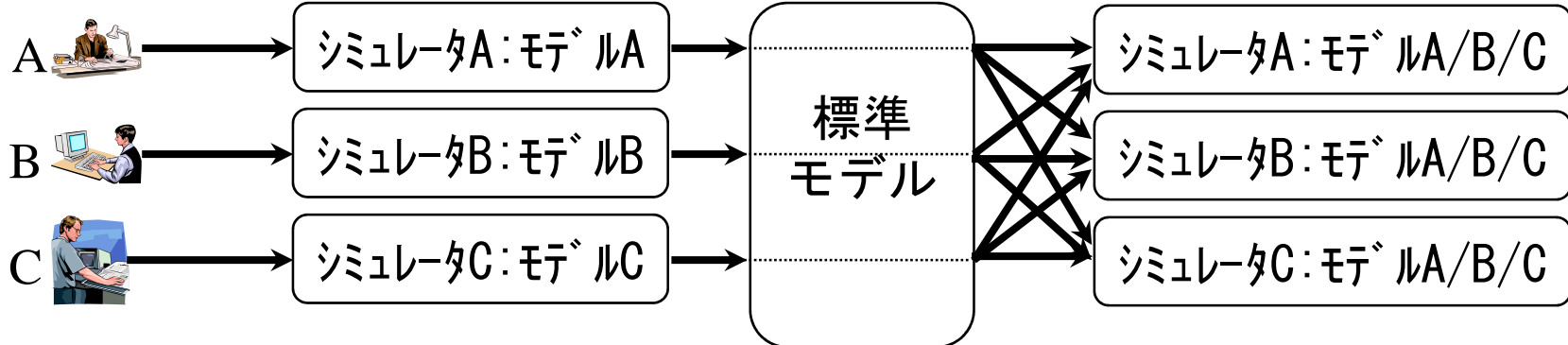
講演内容

1. エンジニアリングチェーンにおける
生産システムのシミュレーション技術
2. 生産準備段階: 生産システムシミュレーション技術
3. 生産システムのシミュレーションプロセスと要求項目
4. 生産準備段階: シミュレーション技術と標準技術
 4. 1 CMSD
 4. 2 HLA
5. 工程実装段階: 設備シミュレーション技術
6. まとめ

NISTシミュレーション情報の標準化

CMSD: Core Manufacturing Simulation Data

エンジニア



標準モデルで異種シミュレータのモデル(プログラム)互換保証

(a) 標準モデルで異種シミュレータ間連携

◆シミュレーションモデル情報やシミュレーションプログラム情報の標準化によって、異なるシミュレータ間でのモデルやプログラムの互換保証

◆CMSD: Core Manufacturing Simulation Data

米国国立研究所のNIST(National Institute of Standards and Technology)が中心となって米国内外の企業、大学、研究機関を束ねるコンソーシアムを結成し、生産システムの標準シミュレーション情報Core Manufacturing Simulation Data (CMSD)を開発。

◆CMSDは、2009年に米国内のシミュレーション技術の標準団体SISO(Simulation Interoperability Standards Organization)標準に承認された。

◆CMSDの適用テストとして、ボーイング社(米)とボルボ社(スウェーデン)が協力し、良好な成果があったと報告されている。

NISTシミュレーション情報の標準化

CMSD: Core Manufacturing Simulation Data

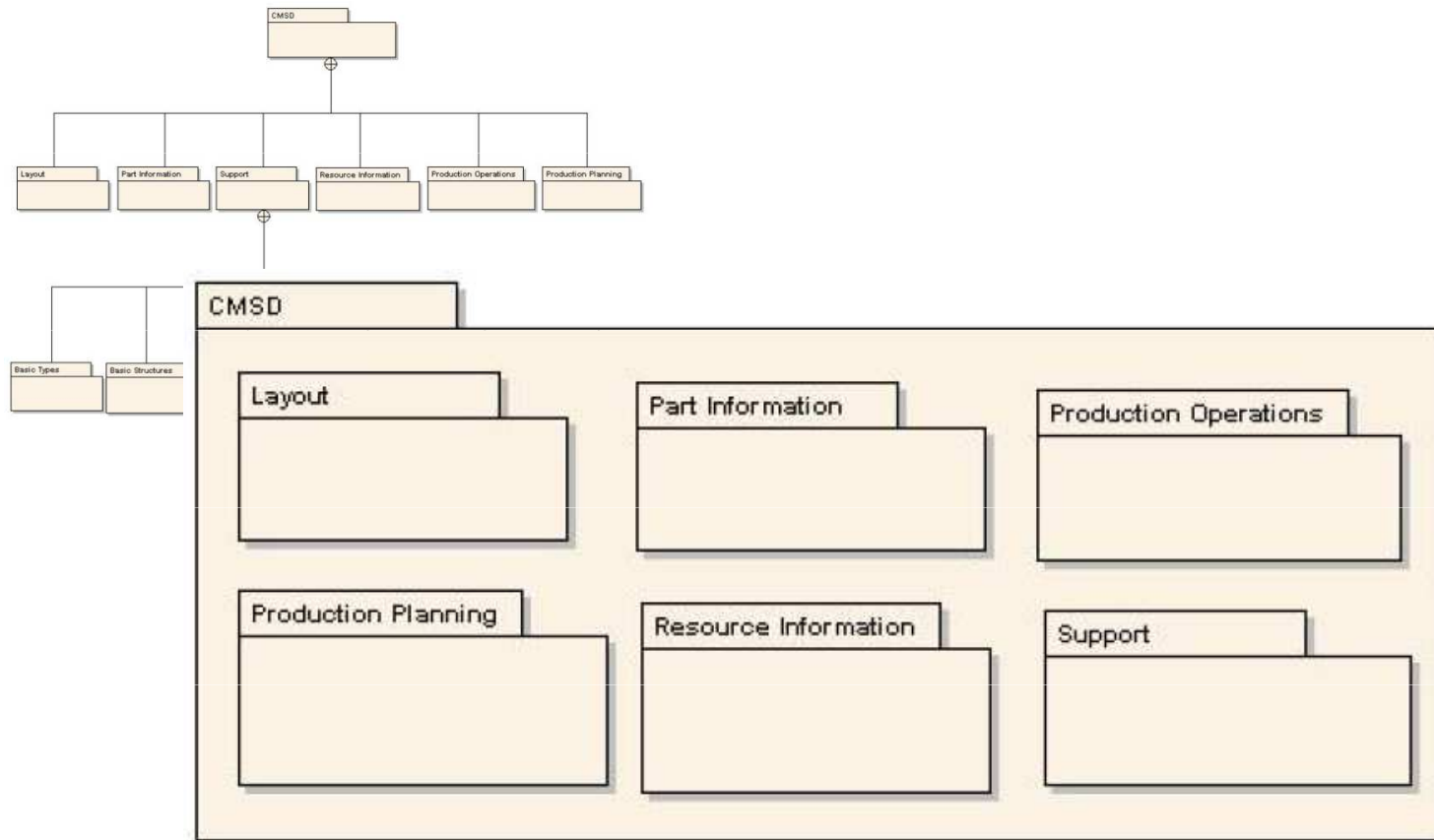
Simulation Interoperability
Standards Organization
(SISO)

Standard for:
Core Manufacturing
Simulation Data
– UML Model

SISO-STD-008-2009

11 May 2009

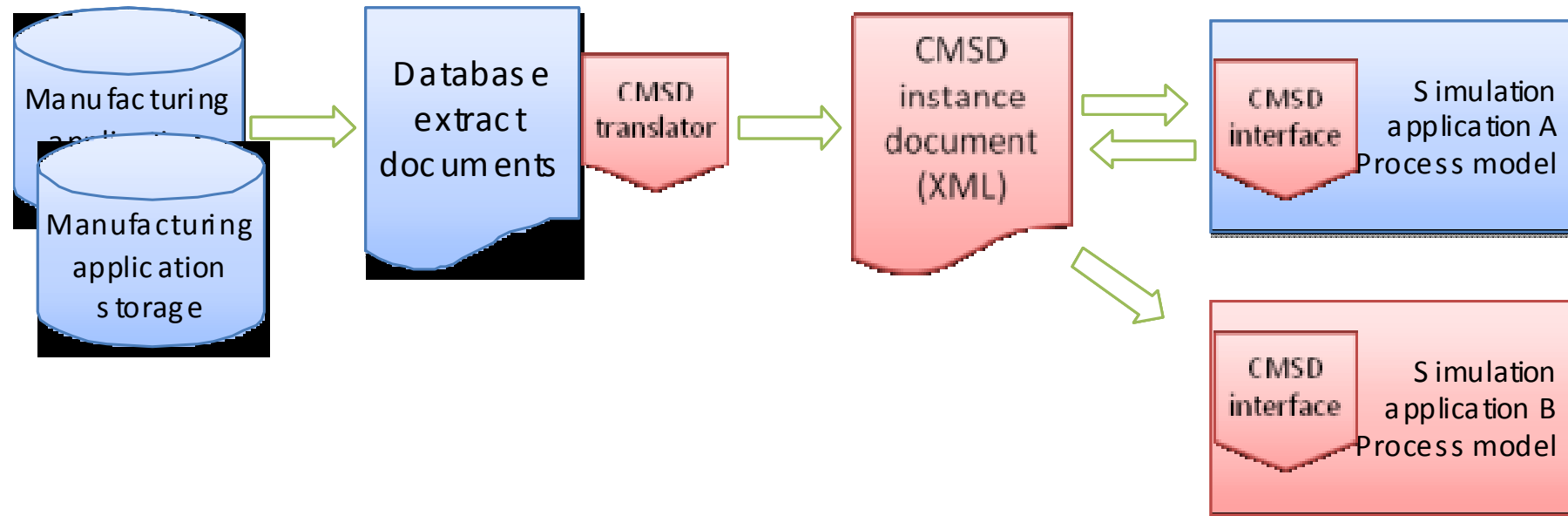
Prepared by:
Core Manufacturing Simulation Data
Product Development Group



- ◆ CMSDの適用テストとして、ボーイング社(米)とボルボ社(スウェーデン)が協力し、良好な成果があったと報告されている。
- ◆ レイアウト情報, リソース情報(ファシリティ, ストレージ等), 作業定義情報, メンテナンス定義情報, トランザクション情報などをCMSDを利用して情報交換できた。

NISTシミュレーション情報の標準化

CMSD: Core Manufacturing Simulation Data



◆ NIST は, CSMDの普及のために, 商用の生産システムシミュレータのQuest, Arena, Promodel, FlexSimに対するCSMDインターフェースを開発.

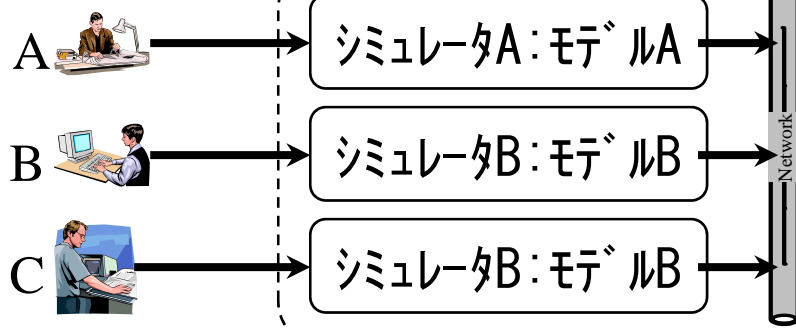


講演内容

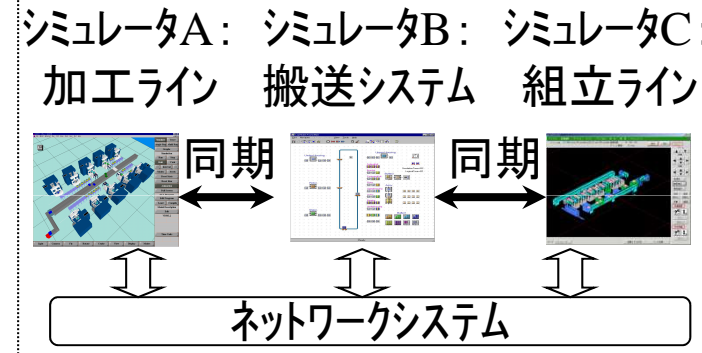
1. エンジニアリングチェーンにおける
生産システムのシミュレーション技術
2. 生産準備段階: 生産システムシミュレーション技術
3. 生産システムのシミュレーションプロセスと要求項目
4. 生産準備段階: シミュレーション技術と標準技術
 4. 1 CMSD
 4. 2 HLA
5. 工程実装段階: 設備シミュレーション技術
6. まとめ

生産システムシミュレータ間の連携方法 (D:Interoperability)

エンジニア



例:シミュレータA+B+Cで加工・搬送・組立での生産システム全体シミュレーション実施

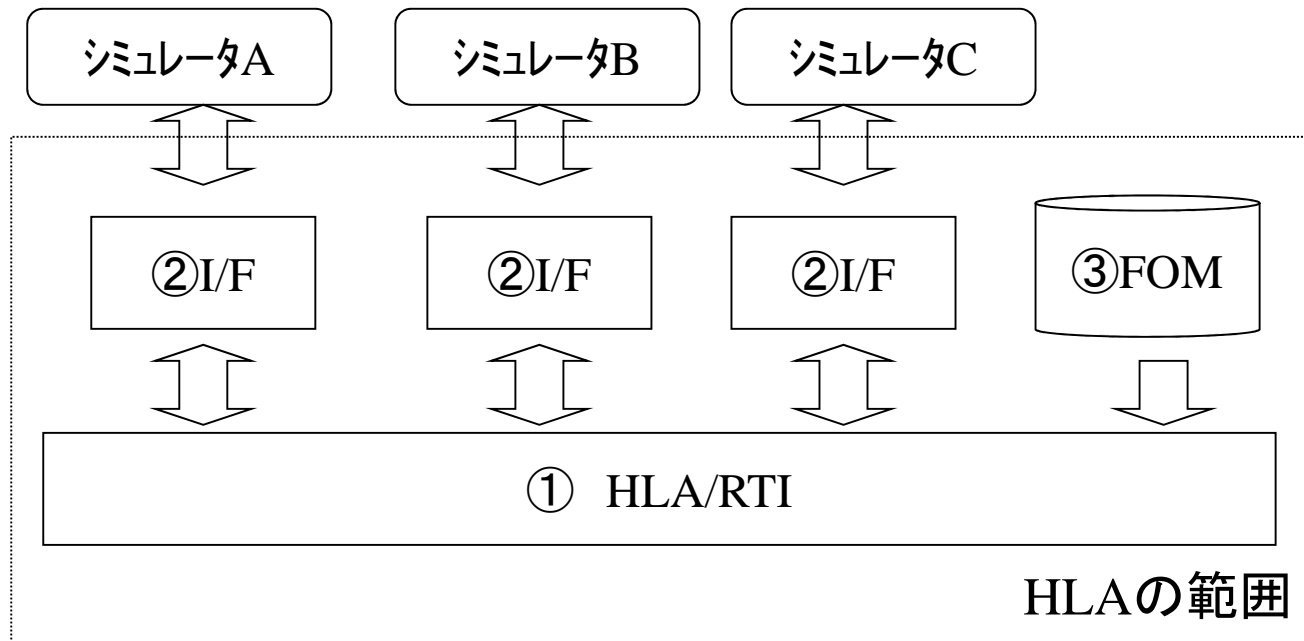


分散シミュレーションにより複数のシミュレータをネットワークに接続し、同期し、一つのシミュレーションを実施

(b)分散シミュレーションで異種シミュレータ間連携

- ◆分散する複数の生産システムシミュレータをネットワークに接続し、同期を取ることで、一つのシミュレーションワールドを作成し、生産システム全体の評価を可能とする分散シミュレーション
- ◆分散シミュレーションでは、同期処理が重要となる。生産システムシミュレータは、それぞれ内部にシミュレーション時刻を持ち、時間軸上で離散的に発生する生産システムの瞬時的状態変化(イベント)に着目してシミュレーションを進める。分散シミュレーションにおいて、あるシミュレータで発生したイベントが他のシミュレータと関連するもので、そのイベント発生時刻が関連するシミュレータの時刻と異なる場合、その状態を解消しないとイベントの不整合でシミュレーション結果に影響を与えてしまう。そのため、相互のイベントの整合性を保証するための同期処理が必要となる。
- ◆分散シミュレーションを実行するためには、大きく2つの技術開発が必要
- ◆生産システムの特徴を考慮する時刻同期手法の開発。
- ◆同期手法に必要なとされる時刻付メッセージの送受信管理などのサービスを提供するネットワークシステムの開発

HLA (High Level Architecture)



①HLA/RTI(HLA/Runtime Infrastructure)

分散シミュレーションにおける以下の6種類のサービスを提供するソフトウェア

- | | |
|-------------------|--------------|
| 1)分散シミュレーション管理 | 2)分散オブジェクト管理 |
| 3)オブジェクト参照/公開宣言管理 | 4)論理時刻管理 |
| 5)オーナーシップ管理 | 6)データ配信管理 |

②I/F(Interface)

シミュレータとHLA/RTI間のサービスの仕様を規定

③FOM(Federation Object Model):

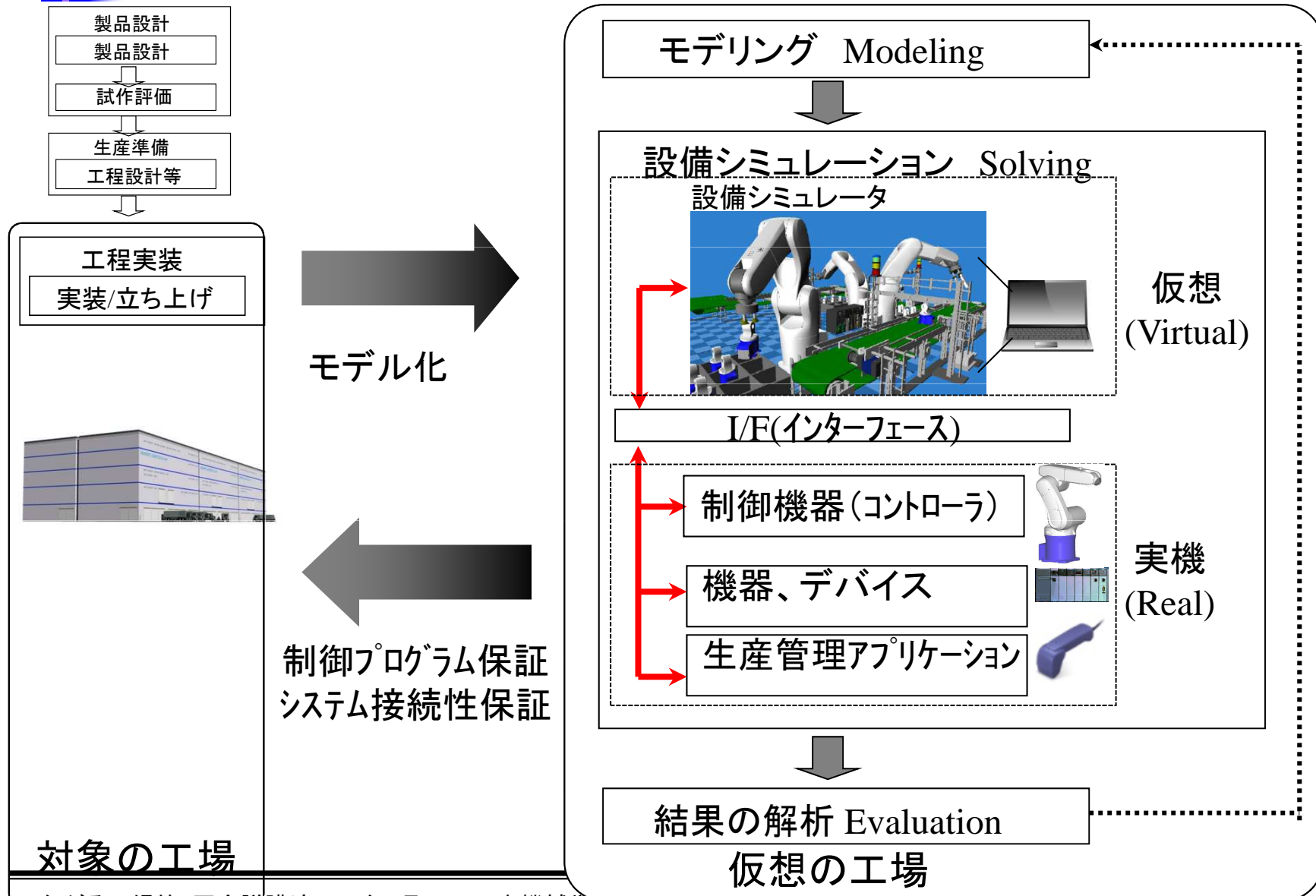
シミュレータ間で送受信されるメッセージの定義



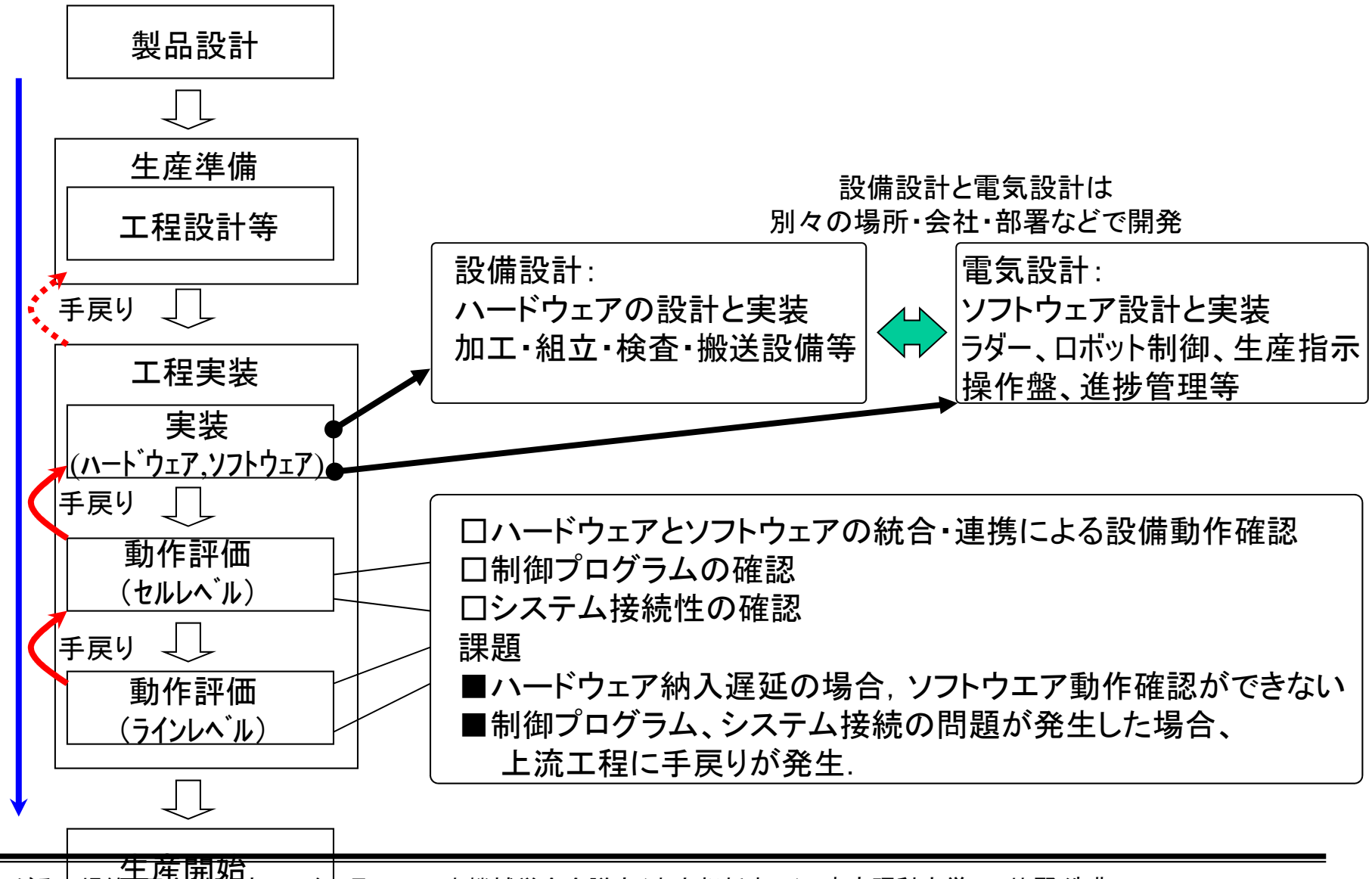
講演内容

1. エンジニアリングチェーンにおける
生産システムのシミュレーション技術
2. 生産準備段階: 生産システムシミュレーション技術
3. 生産システムのシミュレーションプロセスと要求項目
4. 生産準備段階: シミュレーション技術と標準技術
 4. 1 CMSD
 4. 2 HLA
5. 工程実装段階: 設備シミュレーション技術
6. まとめ

設備シミュレーション(工程実装段階)

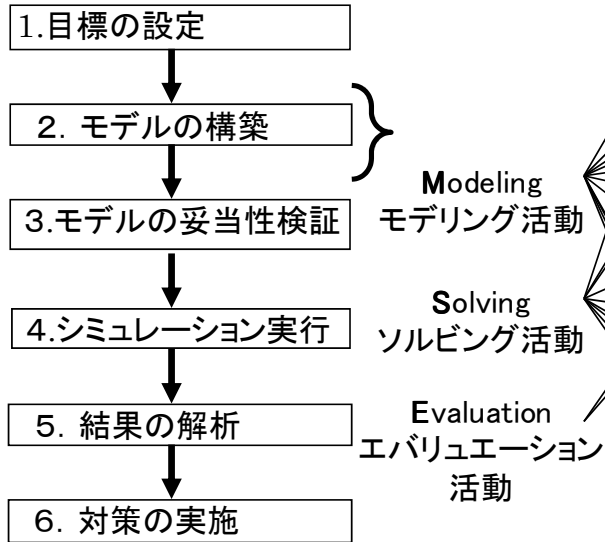


工程実装段階の課題



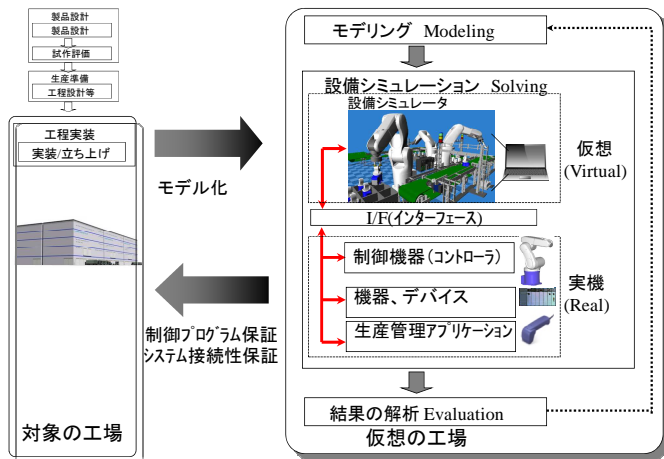
生産システムのシミュレーション実施の流れと要求項目

シミュレーション実施の流れ



シミュレーション実施における代表的な要求項目

- A Model Credibility (M&S) モデルが信頼できる
 - A-1 Model Describable (M) 対象システムのモデルを忠実に表現可能
 - A-2 Program Verification (M&S) プログラムの妥当性を検証可能
 - A-3 Model Validation (M&S) モデルの妥当性を評価可能
- B Usability (M&S&E) 専門家でなくても容易に使用可能
 - B-1 Simple Modeling (M) 容易にモデリング可能(モデリング支援、学習等)
 - B-2 Visualization (S&E) 可視化可能(見えるもの、見えないもの)
 - B-3 Reusability (M) 再利用など継続して利用可能
- C Optimization (S&E) システムを与条件に対して最適化可能
- D Interoperability (M&S) オープンインターフェースを保有、他システムと統合可能
 - D-1 Distributed Simulation (M&S) 異種シミュレータと連携可能
 - D-2 Data Exchangeability (M&S) 基本的なデータを交換可能(CAD、データベース等)
 - D-3 Manufacturing Emulation (M&S) 実機あるいはエミュレータと連携可能



Model Credibility:

シミュレーションの目的に合わせた忠実なモデル化, およびモデルに合わせたシミュレーションのプログラム作成などモデルの信頼性に関する項目

Usability:

専門家以外でも容易にシミュレーションを使用するなど利用に関する項目

Optimization:

システムの与条件に対する最適化に関する項目

Interoperability:

オープンインターフェースの保有, および他システムと統合など相互接続に関する項目



設備シミュレーション関連商用化の進展

◆製造機器のインターフェース(IF)の標準化・オープン化の進展

設備シミュレーションでは、製造で使用される多種多様の機器を接続する必要がある。従来は1対1の専用IFを独自に開発する必要があった。現在は、標準的なIFが整備されており、設備シミュレーションと機器の接続が柔軟かつ簡易に実現できる。例えば、産業用標準IFとしてOPC(OLE for Process Control)[9], ORiN(Open Robot/Resource Interface Network)がある。

◆三次元CAD情報の普及

設備シミュレーションでは、三次元CADで作成された設備やワークなどを三次元仮想モデル内で扱う。近年、製品設計、生産準備では二次元のCADから三次元のCADへと移行が進み、設備やワークなどの三次元情報が取得し易くなった。上流で作成された三次元情報を設備シミュレーションで利用することが可能となり、三次元仮想モデルの作成時間が短縮化できる。

◆処理速度の高速化・パーソナルコンピュータによる動作環境の低価格化

三次元モデルの動的な挙動をリアルタイム性を維持して扱うためには、CPU(Central Processing Unit)やGPU(Graphics Processing Unit)の処理速度の高速化が必要である。従来は、UNIXなどを利用する高価なコンピュータが必要であった。近年、Windowsを利用するパーソナルコンピュータ(PC)による処理速度の高速化が実現されており、PCを利用して設備シミュレーションが動作可能となっている。また、これに伴い、動作環境構築の低価格化が実現できる。

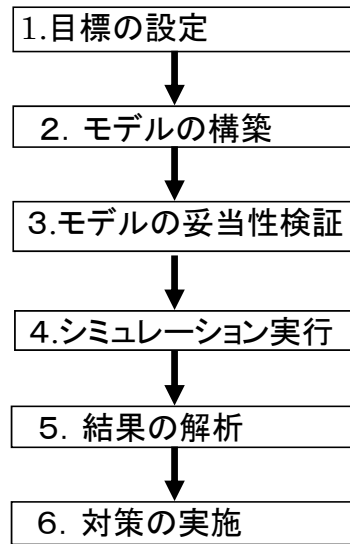


講演内容

1. エンジニアリングチェーンにおける
生産システムのシミュレーション技術
2. 生産準備段階: 生産システムシミュレーション技術
3. 生産システムのシミュレーションプロセスと要求項目
4. 生産準備段階: シミュレーション技術と標準技術
 4. 1 CMSD
 4. 2 HLA
5. 工程実装段階: 設備シミュレーション技術
6. まとめ

生産システムのシミュレーション技術の課題

シミュレーション実施の流れ



Modeling
モデリング活動

Solving
ソルビング活動

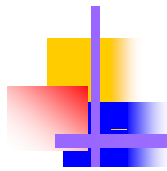
Evaluation
エバリュエーション活動

シミュレーション実施における代表的な要求項目

- A Model Credibility (M&S) モデルが信頼できる
 - A-1 Model Describable (M) 対象システムのモデルを忠実に表現可能
 - A-2 Program Verification (M&S) プログラムの妥当性を検証可能
 - A-3 Model Validation (M&S) モデルの妥当性を評価可能
- B Usability (M&S&E) 専門家でも容易に使用可能
 - B-1 Simple Modeling (M) 容易にモデリング可能(モデリング支援、学習等)
 - B-2 Visualization (S&E) 可視化可能(見えるもの、見えないもの)
 - B-3 Reusability (M) 再利用など継続して利用可能
- C Optimization (S&E) システムを与条件に対して最適化可能
- D Interoperability (M&S) オープンインターフェースを保有、他システムと統合可能
 - D-1 Distributed Simulation (M&S) 異種シミュレータと連携可能
 - D-2 Data Exchangeability (M&S) 基本的なデータを交換可能(CAD, データベース等)
 - D-3 Manufacturing Emulation (M&S) 実機あるいはエミュレータと連携可能

生産システムのシミュレーションの課題

- ◆ 専門家でも容易に使用可能な支援技術
- ◆ IoT技術との密な連携(生産性、環境、品質、経済性)
- ◆ 過去のシミュレーションプログラムの活用
- ◆ 運用段階での利用の促進



ご清聴ありがとうございました

hibino@rs.ts.ac.jp

経営システムVol22.No.1(2012)
「生産システムの最新シミュレーション技術動向」
日比野浩典