

2015年3月16日

日本機械学会 生産システム部門講演会2015

生産ラインシミュレーションを用いた Indutrie4.0の効果検証

(株)豊田中央研究所

先端研究センター 社会システム研究室

則竹 茂年

株式会社豊田中央研究所の紹介

2

創立：1960年11月
資本金：30億円
従業員数：1,047名
(2014年7月現在)

関連企業：

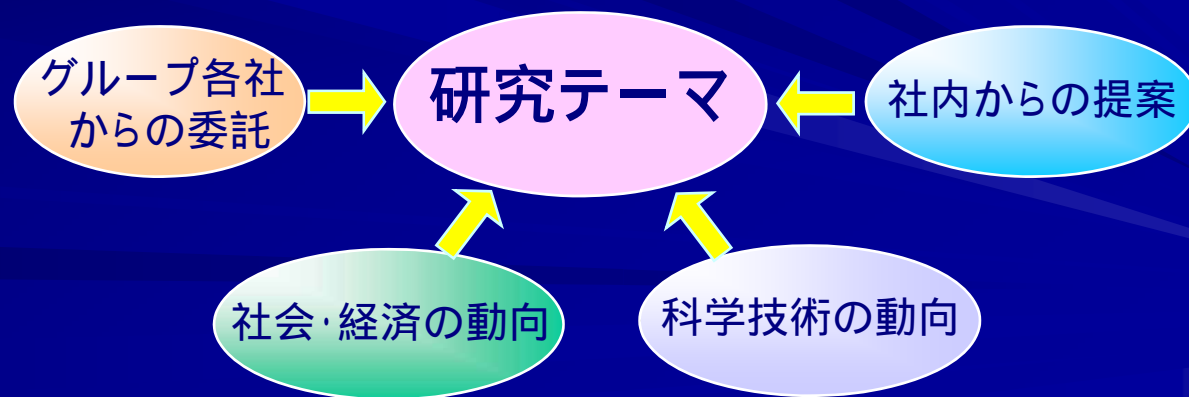
株主会社
株式会社豊田自動織機
トヨタ自動車株式会社
愛知製鋼株式会社
株式会社ジェイテクト
トヨタ車体株式会社
豊田通商株式会社
アイシン精機株式会社
株式会社デンソー
トヨタ紡織株式会社

技術協力契約会社
トヨタ自動車東日本株式会社
豊田合成株式会社
日野自動車株式会社
他41社

研究分野



研究テーマ設定



報告者の研究略歴

入社以降～2001年頃まで、
生産ラインシミュレータの開発に従事
その間、

- ・トヨタ自動車、豊田自動織機、デンソー、愛知製鋼、トヨタ自動車東日本(旧:関東自動車工業)との共同研究会(開発・事務局)
- ・トヨタ自動車のユニット部品機械加工・組み付け部署へ4年間長期出張。
生産ラインシミュレータの開発(機能追加)とエンジニアリング(**150件以上**)を実施。
また、他のデジタルエンジニアリングのプロジェクトへも一部参画

2002年頃から、IMSプロジェクトにも参加。

2005年頃から、他の業務へ...

2011年より、社会システム研究の中で、
産業論を主業務として実施



製造分野における
シミュレーション技術の必要性
と
シミュレーション技術動向

製造業をとりまく環境

状況

- 景気悪化, 市場低迷
- 競争激化
- 地球環境保全
- 顧客ニーズの変化と多様化
- 製品寿命の短命化
- 海外生産シフト
- グローバル化, メガコンペティション
- ITの急激な進歩

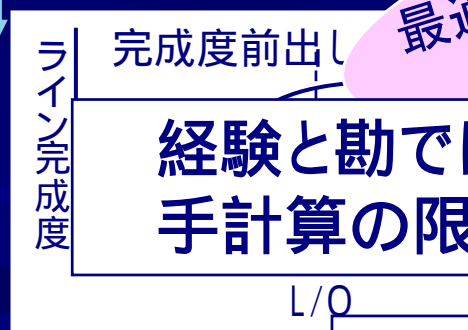
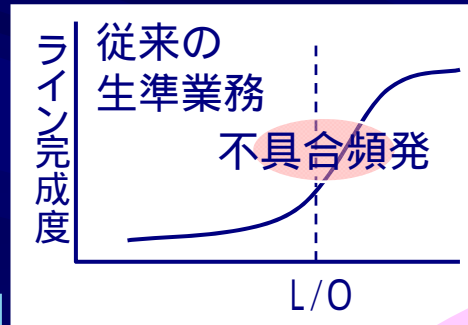
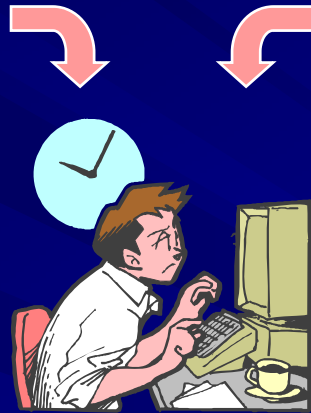
課題

- ムダの排除
- 高品質と低コストの両立
- 変種・変量生産への対応
- 開発期間・コストの劇的低減
- 国際的コラボレーション, データ共有
- 効率的なサプライチェーンの構築
- 電力消費低減, ゼロエミッション
- ...

生産技術部門に求められるもの

- 予定生産量と品質の確保
- 生産変動への適応性
- L/Oでの垂直立ち上げ

- 設備投資最小化
 - 設備性能の最適化
 - 既存設備再利用
- 中間在庫最小化
- 労務費, 設備稼動費最小化



最適な生産能力を持った工場を

できるだけ迅速に

最低限の投資で

経験と勘ではなく、計画段階での定量的評価が必要
手計算の限界、検討漏れ、期間短縮

事前検討の武器として
シミュレーション技術が必要不可欠

生産技術部門を支援するシミュレーション技術

分類

主要検討項目

設備, ロボットシミュレータ

公差シミュレータ

加工シミュレータ

デジタルモックアップ

エルゴノミクス

生産ラインシミュレータ

その他CAEなど

オフラインプログラミング

干渉, 作業レイアウト

製品・治工具・型設計

作業手順, C/T

作業負荷

生産高・リードタイム, コスト,
ボトルネック, 搬送方式

— シミュレーション技術動向 —

生産ラインシミュレーターのご紹介

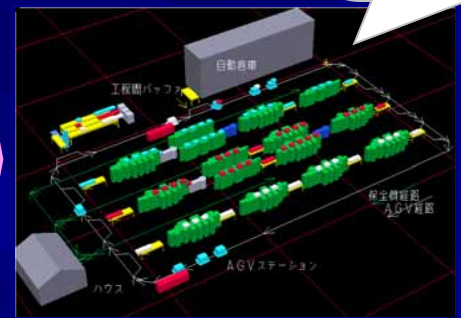
(生産システムシミュレーター)
(物流シミュレーター)

— シミュレーション技術動向 —

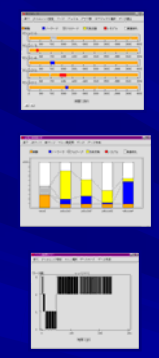
ラインシミュレータとは



- 生産高
- 生産リードタイム
- 稼働率
- バッファ遷移
- 設備状態遷移



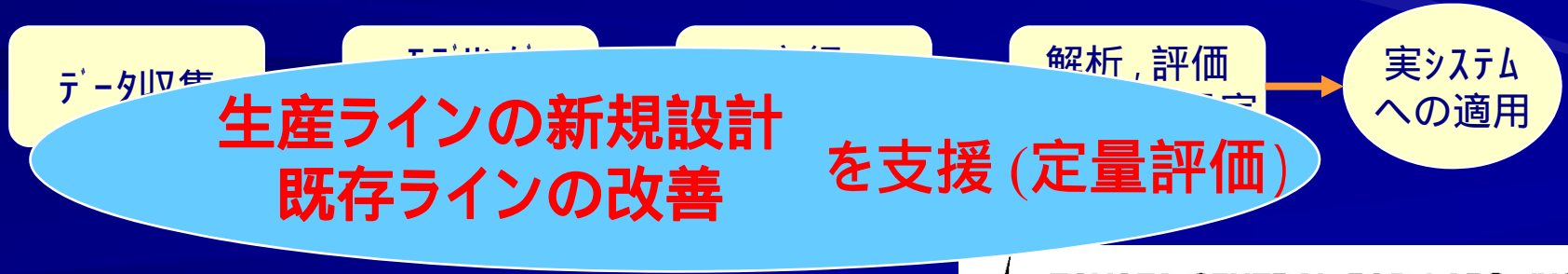
出力
(アニメーション, グラフ, リポート)



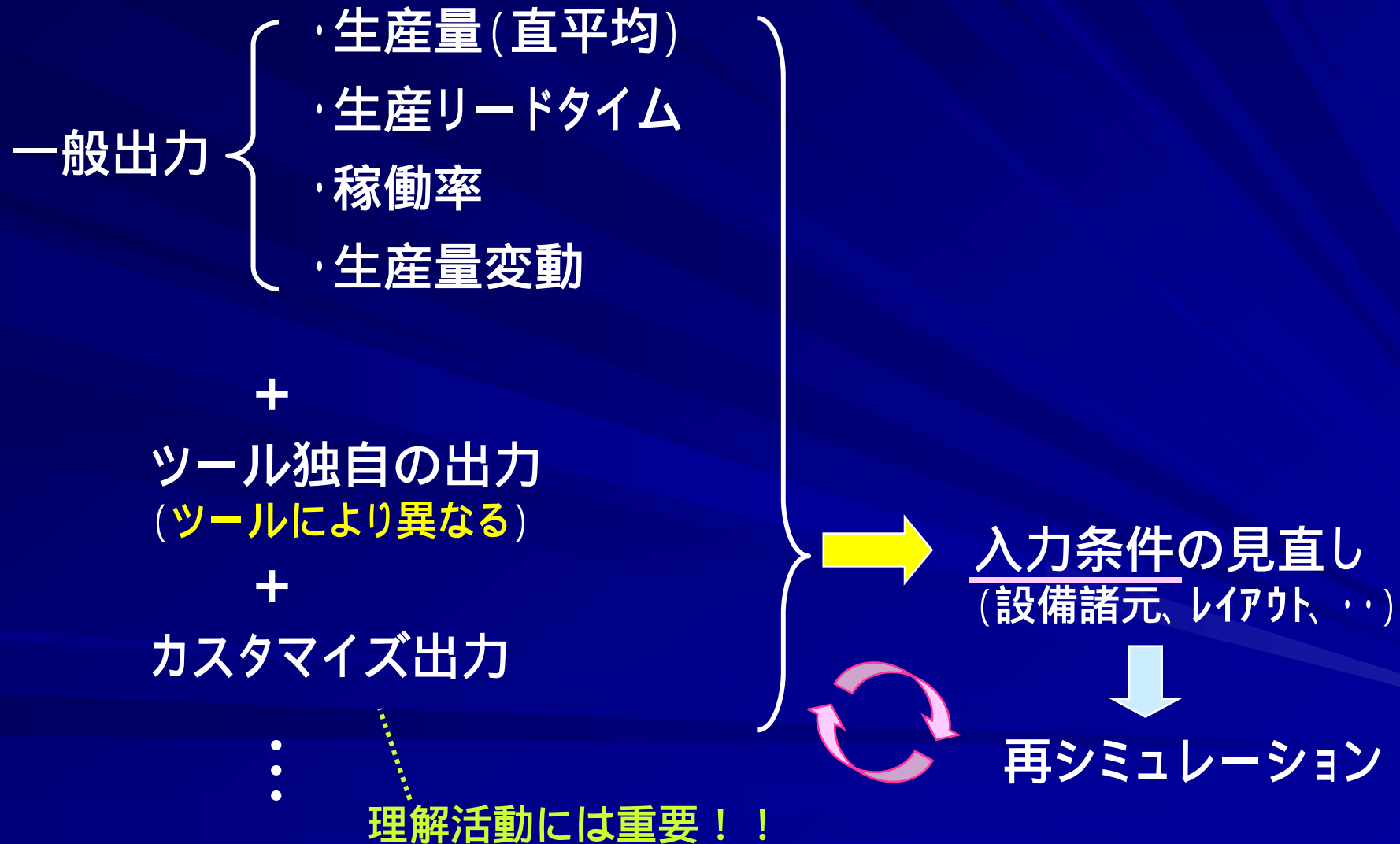
デザイン・レビュー



**設計者による
評価, パラメータステディ**

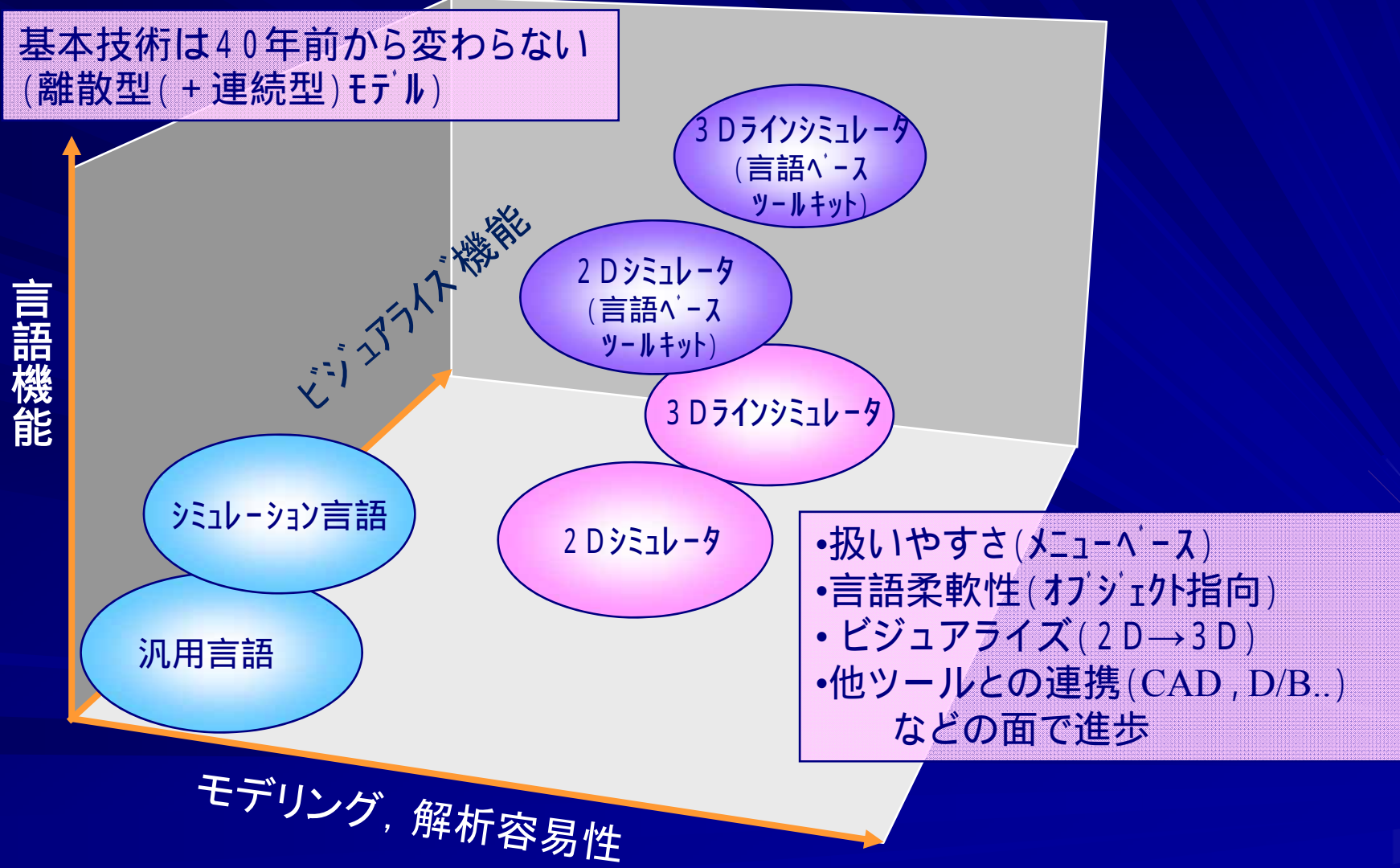


シミュレーション結果



— シミュレーション技術動向 —

生産ラインシミュレーション技術の変遷



当社における 生産ラインシミュレータの取り組み

ラインシミュレータ利用の問題点

- 他のエンジニアリングツールに比べ、普及率が低い。
- 製造業に十分に浸透し、効果を発揮できていない。
 - 利用率 3.2% (電機・精密機器系) ~ 10.4% (自動車系) *

* 出展: 日経デジタルエンジニアリング 1999.10



- 使いこなすのが難しく、専門家のツールとなっている
(1計画者が利用するのは数年間で一時期のみ)
- 評価(モデル作成)に時間がかかる
- 導入コストが高い
- 効果(成果)をアピールし難い(計画者のメンツ)

— 当社における取り組み —

ラインシミュレータ利用の問題点

— 本質的な難しさ —

■ モデリング

- 実機の属性からシミュレータのメニュー(属性)への翻訳？
- 現場, 実機のデータ収集が大変
- 制御ロジックのカスタマイズ...プログラミングが困難(スキル, 翻訳)
- 乱数系列, 初期状態の影響, シミュレーション時間長, 回数, Rear Event, 検証, ...
- モデルの詳細度の見極めが困難(キーとなる部分への目利き)

■ 解析, 設計へのフィードバック

- ボトルネックが絞り込みと、最適化
- これまでに蓄積したラインづくりのノウハウはどこに入れ込めばよいのか？
- 実システムへのフィードバックと、実システムからのフィードバック

■ その他

- 膨大なメニューがあるが、忙しくて理解し難い
- 成果のアピール、導入効果のアピール
- 現場計画者への理解活動
- モチベーションと体制の維持

ラインシミュレータ利用の問題点 — 本質的な難しさ —

■ モデリング

- 実機の属性からシミュレータのメニュー(属性)への翻訳?
- 現場, 実機のデータ収集が大変
- 制御ロジックのカスタマイズ...プログラミングが困難(スキル, 翻訳)
- 乱数系列, 初期状態の影響, シミュレーション時間長, 回数, Rear Event, 検証, ...
- モデルの詳細度の見極めが難しい(実機とシミュレータの目利き)

■ 解析, 設計

- ユーザ自身の広いノウハウ・知識が必要。
または、スキルの高いエンジニアリング会社との連携が必要 継続的利用体制の確立?

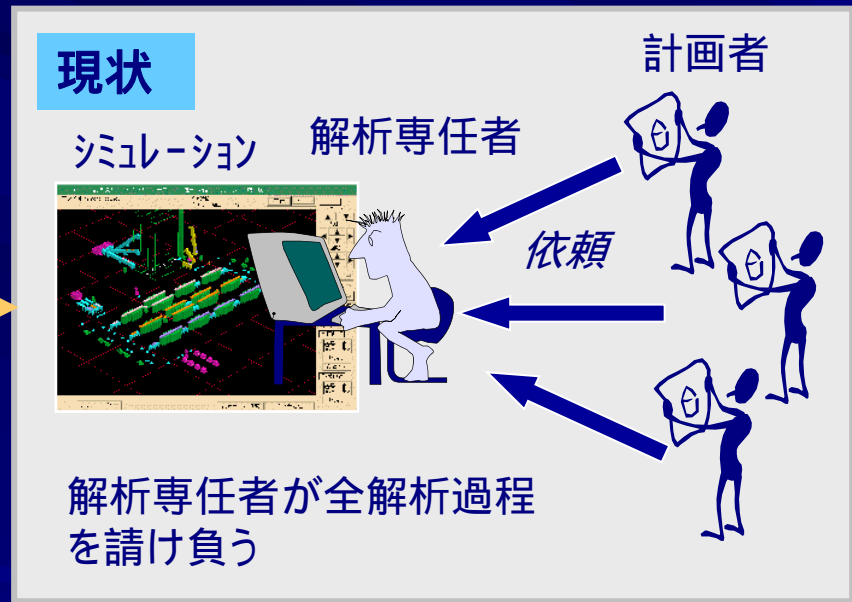
■ その他

- 膨大なメニュー
- 成果のアピール、導入効果の測定
- 現場計画者への理解活動
- モチベーションと体制の維持

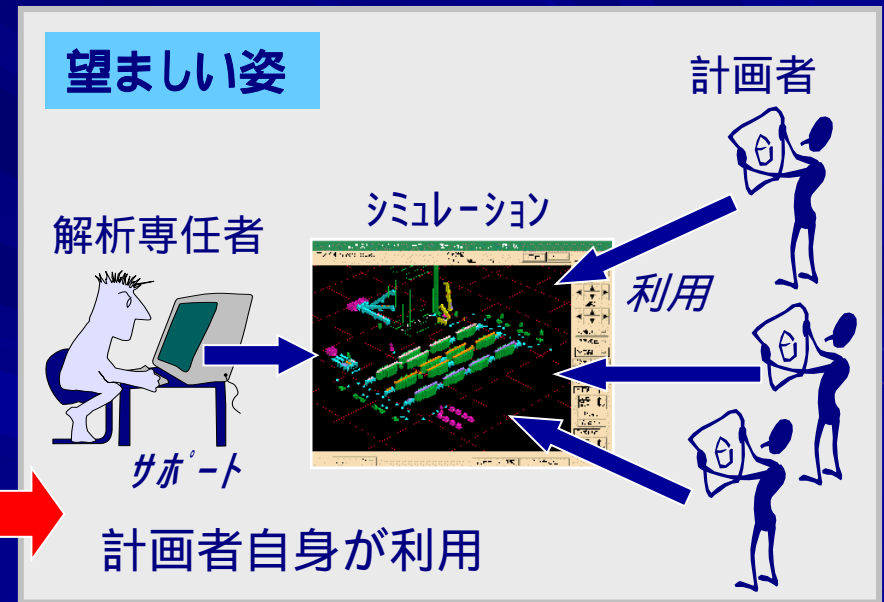
ライン設計ノウハウ
シミュレータ利用ノウハウ
プログラミングスキル
確率・統計に関する知識

ラインシミュレータ利用の問題点 - 利用形態 —

- A. 生産会社で、専任者が社内のシミュレーションニーズを受け、実施
- B. 生産設備開発・納入業者の販売促進
- C. シミュレータベンダの請け負い



計画者ペースでの試行錯誤への追従困難
設計ノウハウは解析専任者に蓄積
計画者の意識, スキル低下
全社展開に限界



計画者が自分のペースで解析
ライン設計ノウハウを計画者自身が蓄積
全社的に利用

— 当社における取り組み —

我々が理想とするシミュレータ

■ 設備モデル、メニューを自由にカスタマイズ可能

- 生産技術者がすぐに理解し、利用可能なメニュー (現場の言葉で!)
- 様々な生産設備・部署・業務プロセスに対応
- 計画者から現場監督者(管理者)へのスムーズな移管

■ データ収集, モデリング, 解析手段の定型化

- 設計ノウハウを蓄積, 再利用可能
- 各種周辺ツール、定型データフォーマットとの連携

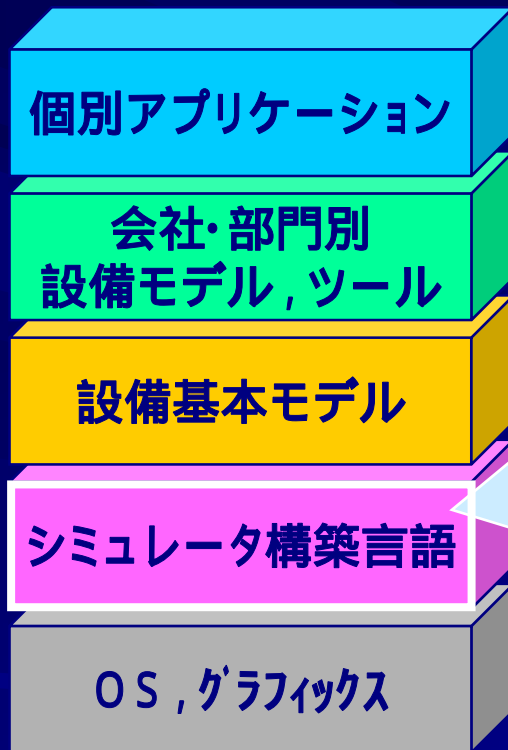
■ 2~3日でモデリング・解析可能

継続的な利用・カイゼン

(モデルの徹底流用と
フィードバックの仕組み)

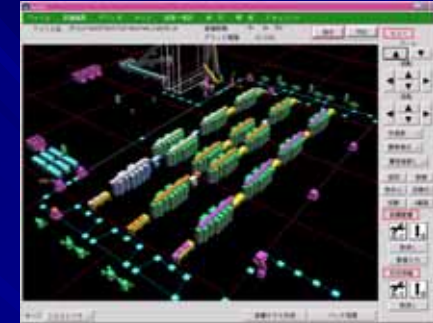


開発したシミュレーションシステム



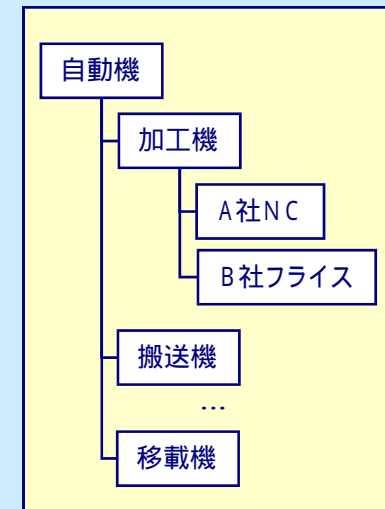
システムアーキテクチャ

言語ベースのシミュレータ
- 柔軟性と扱いやすさを両立

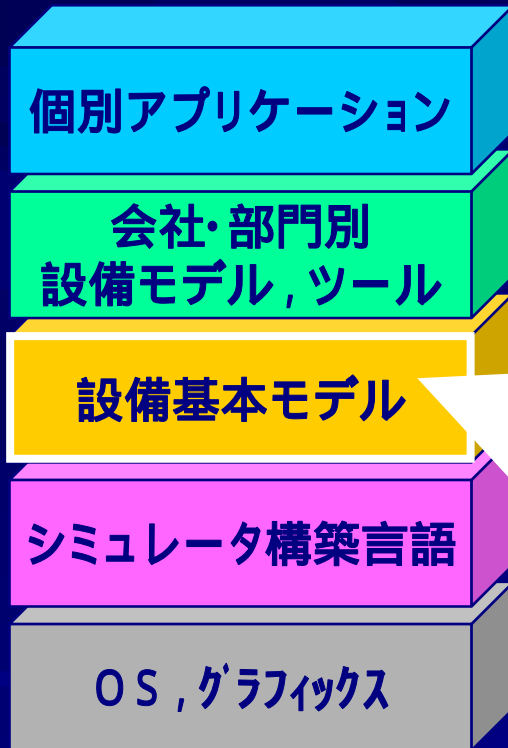


独自開発のコンパイラ, シミュレーションエンジン

オブジェクト指向に基づく
設備, 制御等のパッケージ化
メニューの自動生成
設計者を支援する自律的
エージェントの作成を容易化
3Dグラフィックス

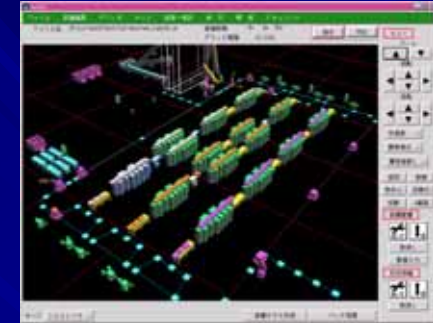


開発したシミュレーションシステム



システムアーキテクチャ

言語ベースのシミュレータ
- 柔軟性と扱いやすさを両立

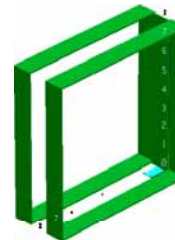


各社の標準的な設備, 制御の仕様をまとめ、
クラスライブラリ化

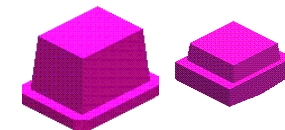
加工機



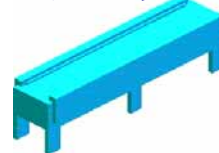
自動倉庫



搬送台車



コンベヤ

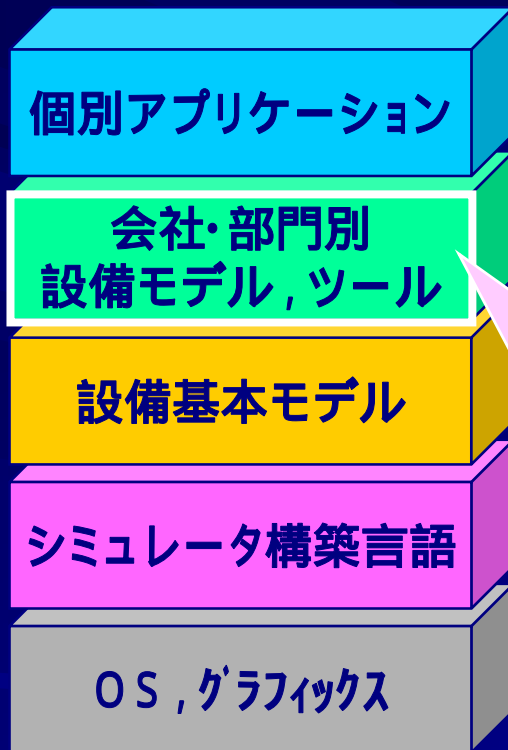


移載機



生産計画
ワーク管理
搬送台車管理
自動倉庫管理...

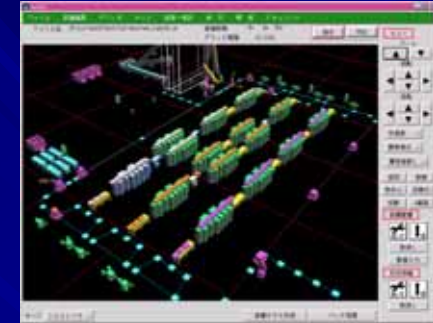
開発したシミュレーションシステム



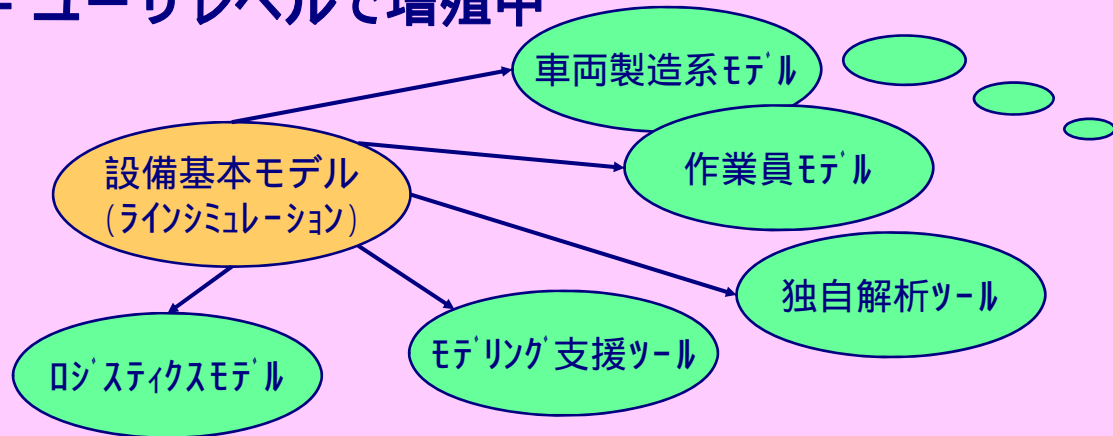
システムアーキテクチャ

言語ベースのシミュレータ

- 柔軟性と扱いやすさを両立

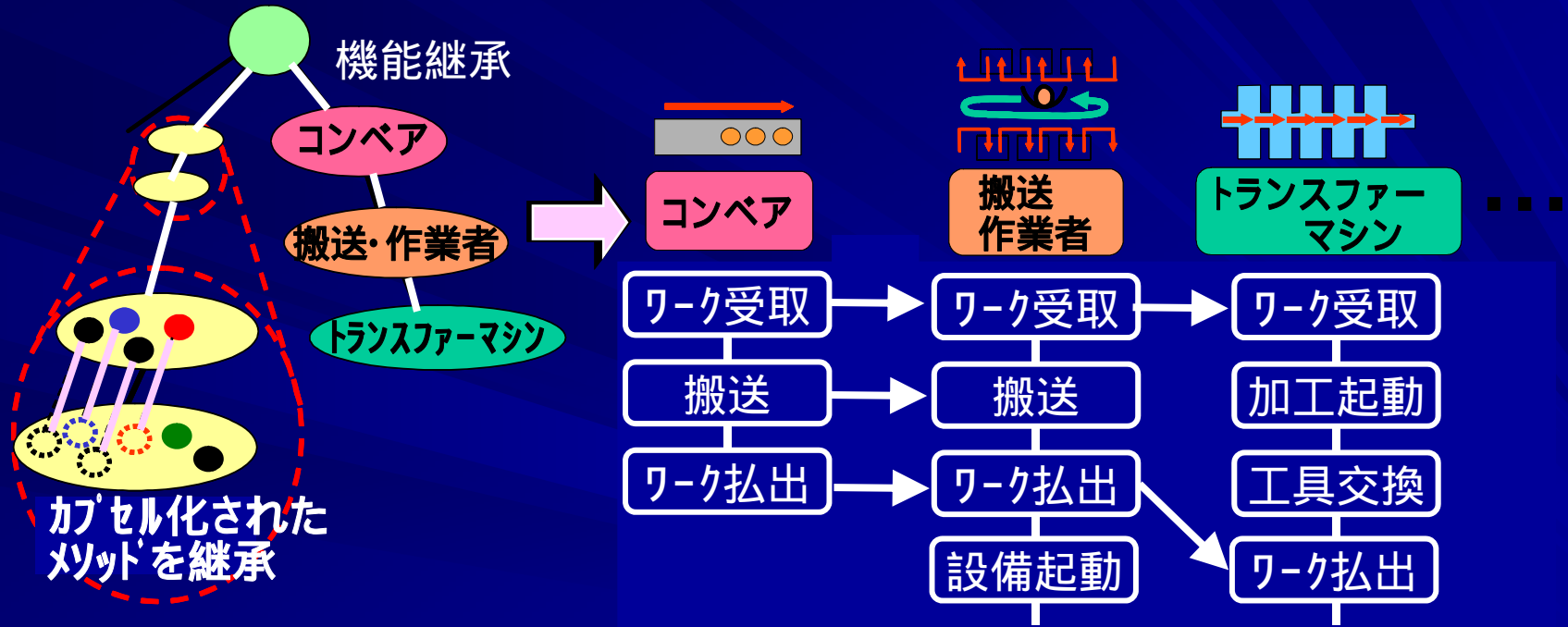


- 各社, 各部署が目的, 業務形態に合わせ追加, カスタマイズ
- ユーザレベルで増殖中



特徴

■ オブジェクト指向によるモデル定義の容易性 階層化による機能継承



■ トヨタ生産システム独自の制御ロジック(コマンド)を 最初から組み込み (AB制御, 手持ちワーク設定, ...)

今までの適用対象例

(私に関わった150件程度内のみ)

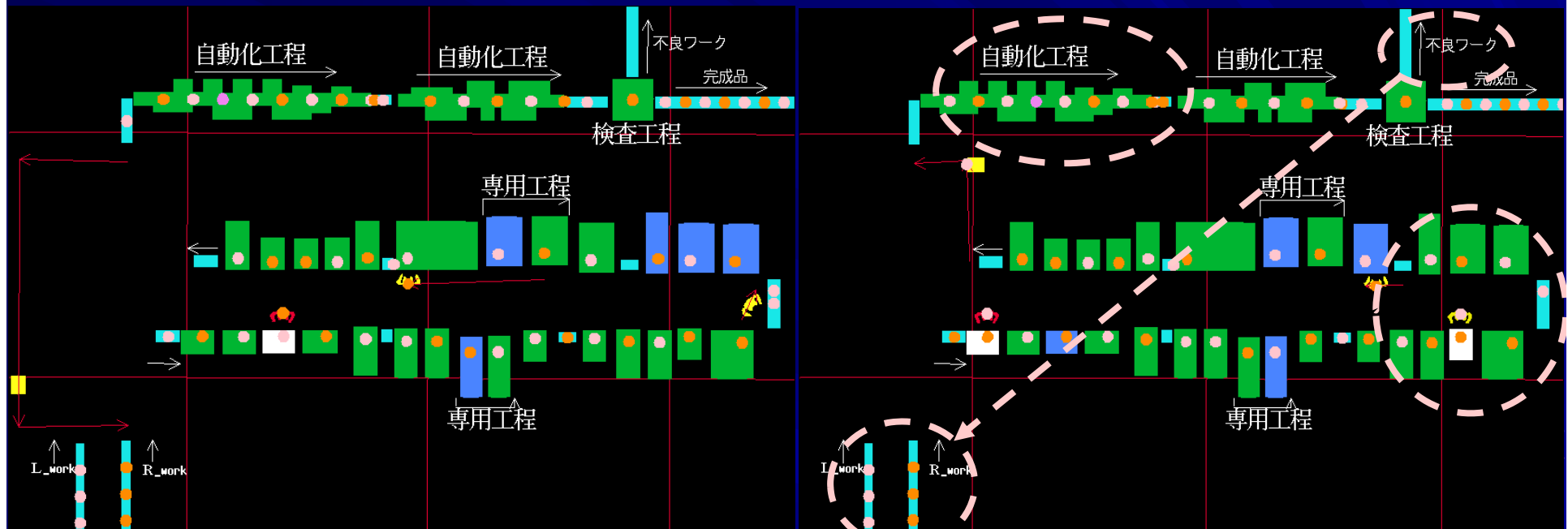
- ・設備レイアウト検討(設備能力、バッファ容量検討)
 - ・設備カイゼン効果検討
 - ・新規概念レイアウトへ向けた概略検討
 - ・工程内スタッカ、種類別けバッファの容量検討
 - ・治具バレット枚数検討
 - ・搬送経路(制御)、作業手順の検討
 - ・かんばん制御範囲の検討
 - ・段取り方法の検討
 - ・ライン外保全人数の検討
 - ・ライン内作業者の作業(量)バランス検討
 - ・種類変動幅と生産能力との関係評価
 - ・需要量変動(特に減産時)のリードタイムへの影響評価
 - ・手直し工程(後戻り工程)の影響評価
- Etc. ...

適用事例

適用実験(レイアウト変更)

周辺状況に応じた動作変更による生産システムの改善効果確認

改善前レイアウト → 改善後レイアウト



改善内容:

U字型ラインでの設備停止発生時における作業変更

自動化工程でのバッグアップ設備追加(メイン設備停止時に対応)

不良ワーク種による搬送ワーク変更

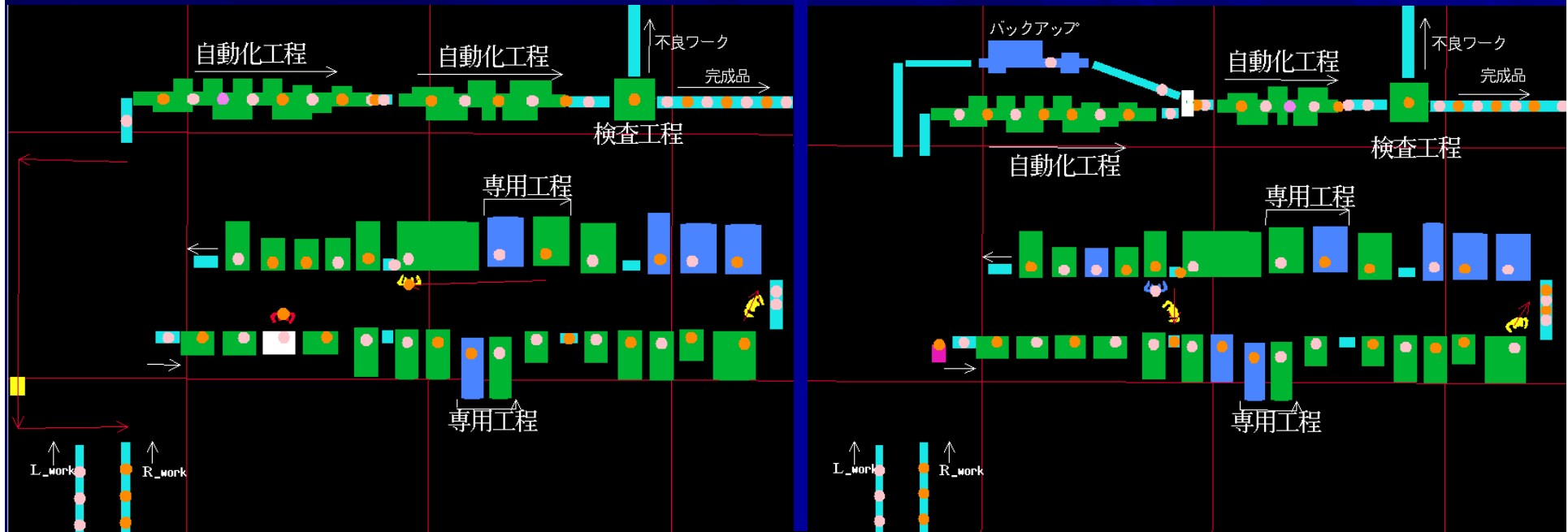
適用実験結果

周辺状況に応じた動作変更による生産システムの改善効果確認

改善前レイアウト



改善後レイアウト



生産能力
結果

121.5 (セット/シフト)

13%向上

137.7 (セット/シフト)

本結果により、対応動作を含めたモデリングの重要性を確認できた

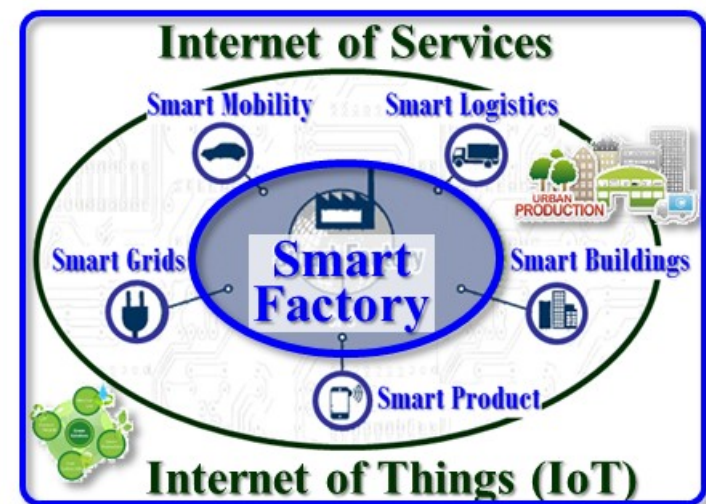
ドイツ発 Industrie 4.0

EU産業界全体をビッグデータでつなぐ
 マス・カスタマイゼーションの実現
 ドイツを中心に製造業を呼び戻す

Siemens AG
 SAP AG
 BMW AG
 Daimler AG
 Robert Bosch GmbH
 Fraunhofer-Institute



Vision for Industry 4.0 (Siemens, 2013)



IoTによるSmart Factory Industrie 4.0関連の主要研究プロジェクト

プロジェクト名	研究内容
サイプロス	Smart Factory 関連システムの運用方式・ツール開発・提供
カパフレクシ	自立生産システムの実現
プロセス	人工知能システムと Intelligent Sensor に基づく生産管理の実現
オートノミク	自立制御システムの実現

Industrie4.0効果検証に向けて

シミュレーションに求められる必要要件

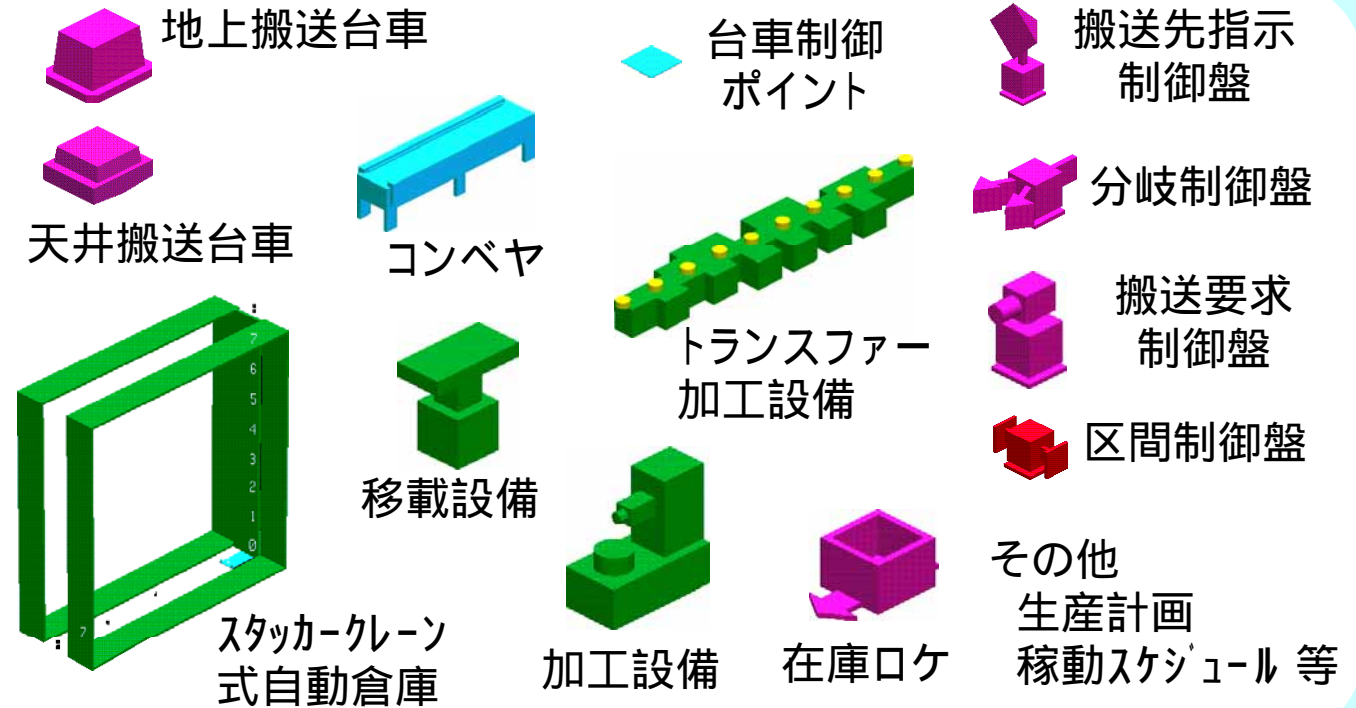
市場変化に応じ、即座に、且つ、詳細にモデル作成できること
ライブラリの充実

IoTの振る舞いを簡単に再現できること
変数や挙動変化に対応した処理を実施

外的要因(ユーザ動作や社会変化)を組み込むこと
エージェントベースのシミュレーション

ライブラリの充実

基本ライブラリ群 (トヨタG共同開発)



アプリケーション

各社個別シミュレータ

基本シミュレータ

ROPL

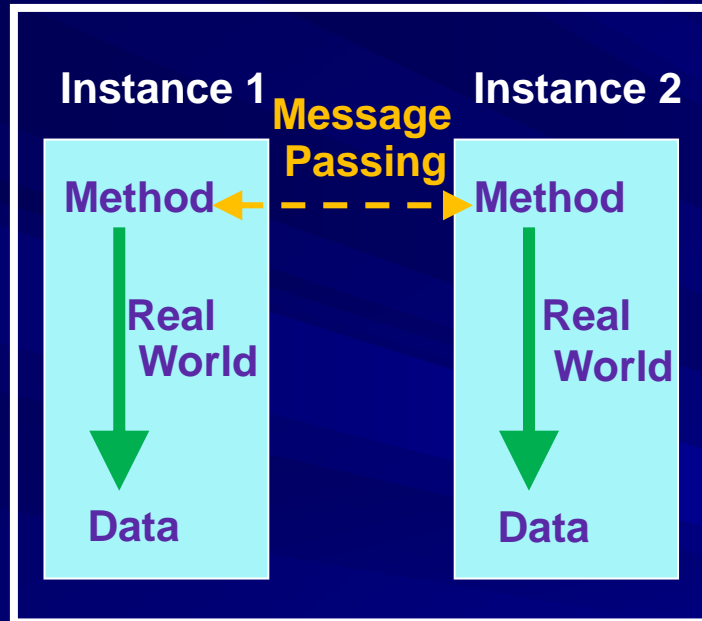
基本機能モジュール

通常、解析準備期間を半日でクイックに解析実行

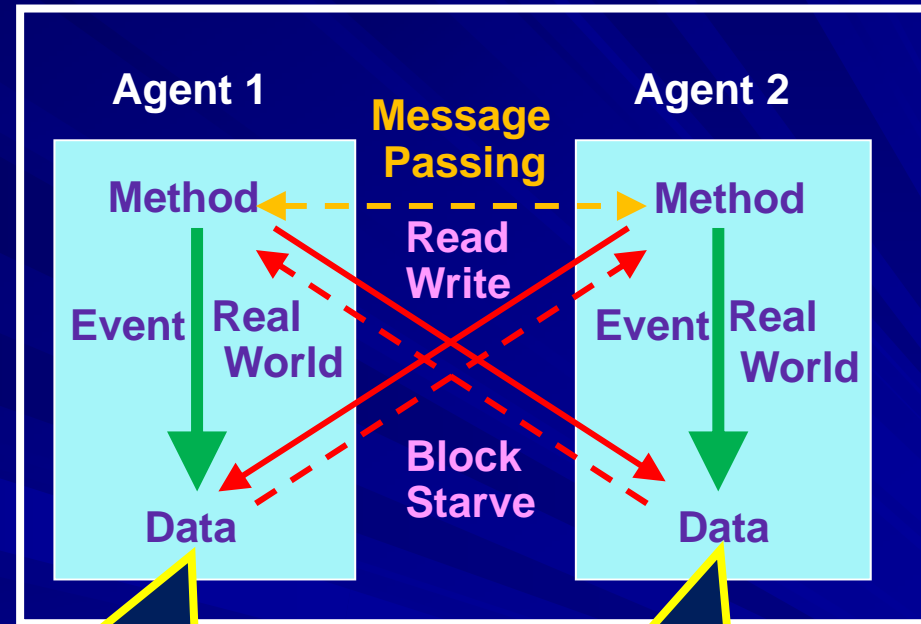
EWS, PC

変数や挙動変化に対応した処理を実施

通常のオブジェクト言語



当社開発のシミュレーション言語 (Agent-Oriented)



Defcallback メソッド
 自己の任意変数(状態)変化を
 トリガーとする挙動を記述
 IoTを再現

エージェントベースのシミュレーション

Simulation World



生産だけでなく、消費者・市場なども同じフレームワークでモデリング可能

まとめ

生産ラインシミュレーションを概説し、独Industrie4.0検証に必要な機能をあらい出した。

課題

Industrie4.0に対するトヨタG生産システムの長所と短所を明確にするため、シミュレーション技術として、以下のような課題を引続き検討していく。

- ・ **外部企業との連携方法**
 - ・ モデル、もしくは、I/Fの標準化
 - ・ レベル(レイヤー、詳細度)の整合
- ・ **より複雑な統計的課題の解決**