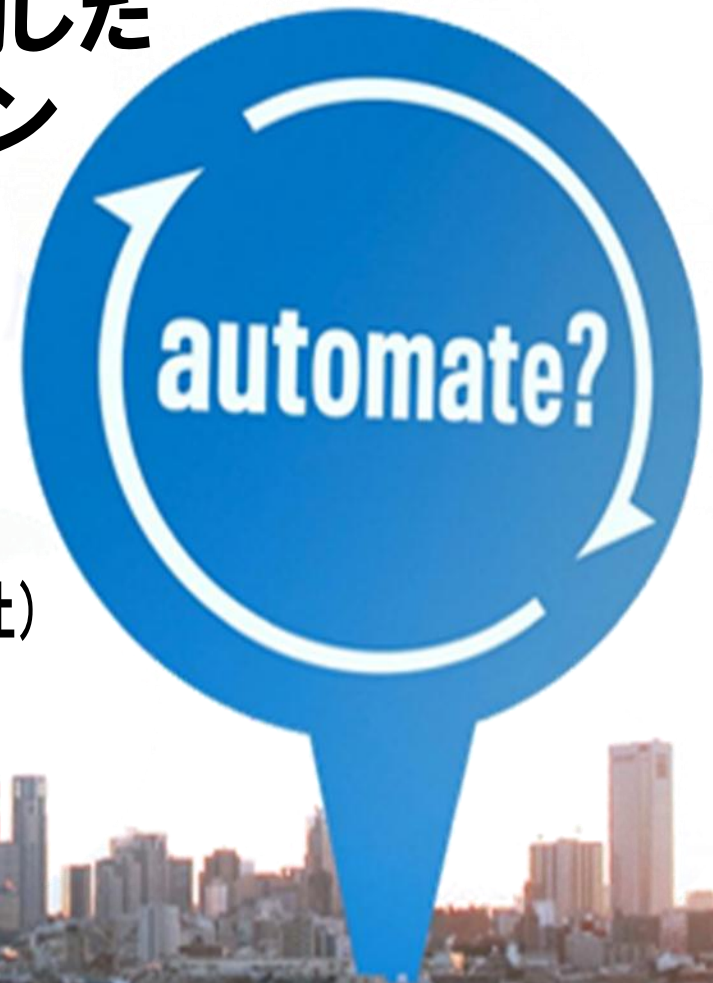


# フィジカル・システムと連動した 製造設備シミュレーション

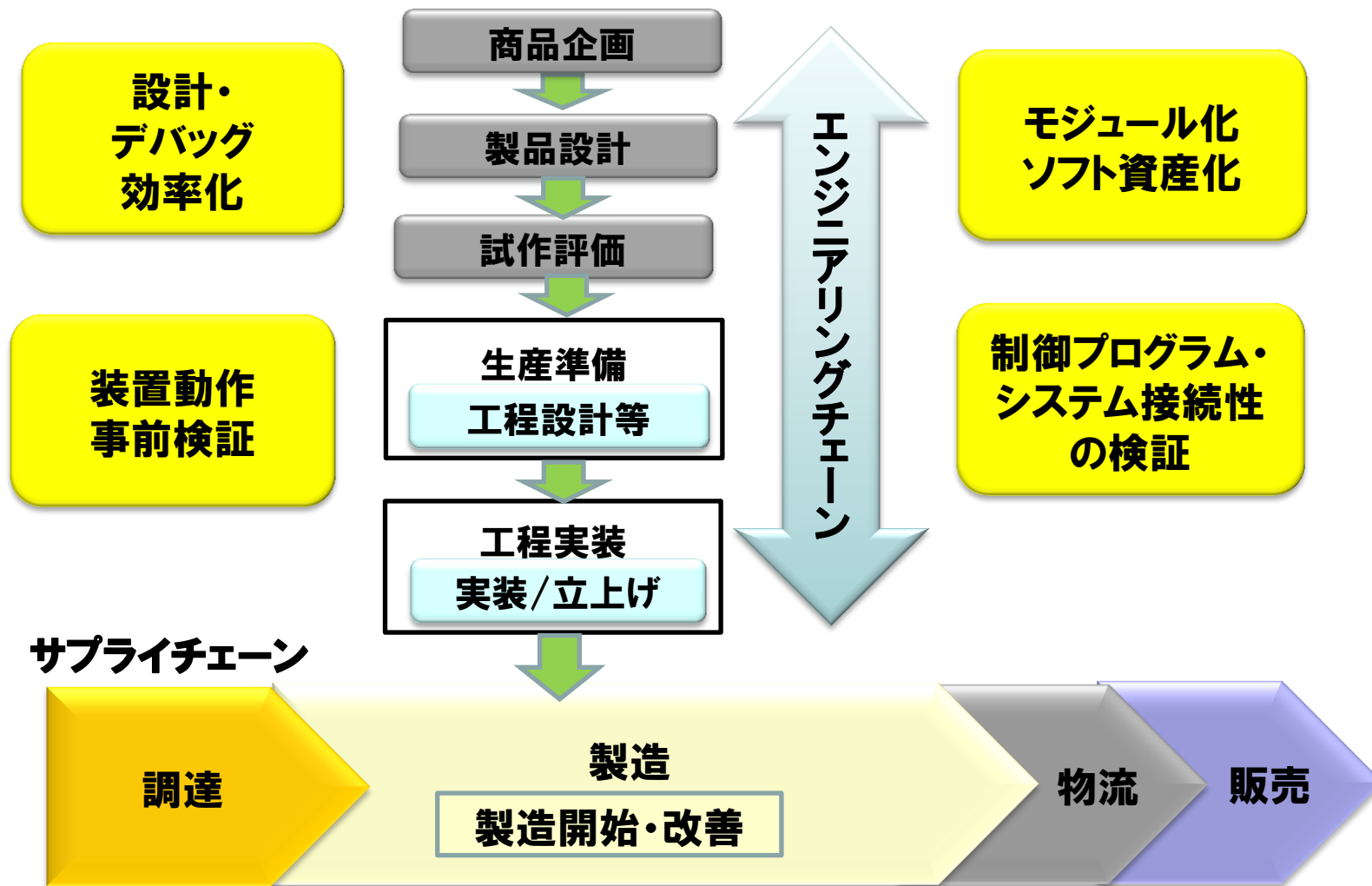
森 健一郎 (オムロン株式会社)





# エンジニアリングチェーンの革新

～設備開発・設計から生産立上げまで大幅期間短縮～





## 従来

組立図面が出来てから  
電気、制御設計

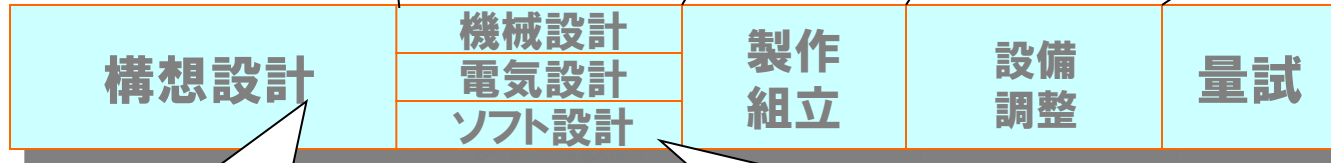
実設備で初めて動きが見える  
ので設計の手直し発生



## 設備シミュレーション 活用

①前倒し

②手戻りなし



3Dモデルによる  
システム設計の検証

制御プログラムのデバッグ  
機械設計との調整

- ・ 製作が遅れた。→ 何とか量産開始日に間に合わせる！
- ・ 設計と動作が違う。→ ソフトで現物合わせするしかない。
- ・ テストしたいからIO信号出して。→ デバッグ効率悪いなあ。
- ・ 干渉するからインターロックかけて！ → 機械側のミスでしょ。
- ・ 設計上、十分タクトに納まるはず！ → 実際は違った。調整時間が増えた。



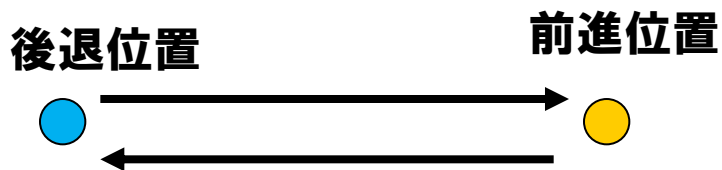


# 設備シミュレーションの効果

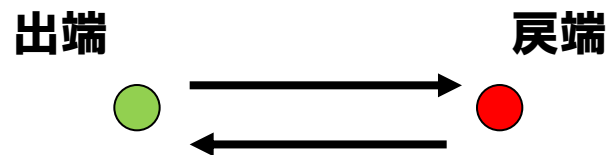
工程	設備・装置モデル	狙いの効果 *1
車体溶接工程	車体部品を固定する治具装置のPLC制御	新製品対応の治具装置 開発コストの30%削減
	ロボットと車体部品治具のセル制御(ロボット+PLC)	開発期間の短縮30%と生産の 垂直立上げの実現(土日1回)
	ロボットと車体部品治具のセル制御(ロボット+PLC)	開発期間の短縮と制御要因による 故障件数1/6 1回あたりの停止時間1/3
パワートレイン 圧入組立工程	部品圧入組立装置のPLC制御	トータル開発期間を8か月から 6か月へ短縮
	部品圧入組立装置のPLC制御	装置のプログラムバグ発見 動的干渉チェック、異常検知表示 非常停止から復旧動作
パワートレイン カシメ組付工程	部品のカシメ組付装置のPLC 制御	搬送装置とのインターロック動作 のチェック

\*1: 設備シミュレーションのみの値ではなく、  
改善トータルで合算した目標値

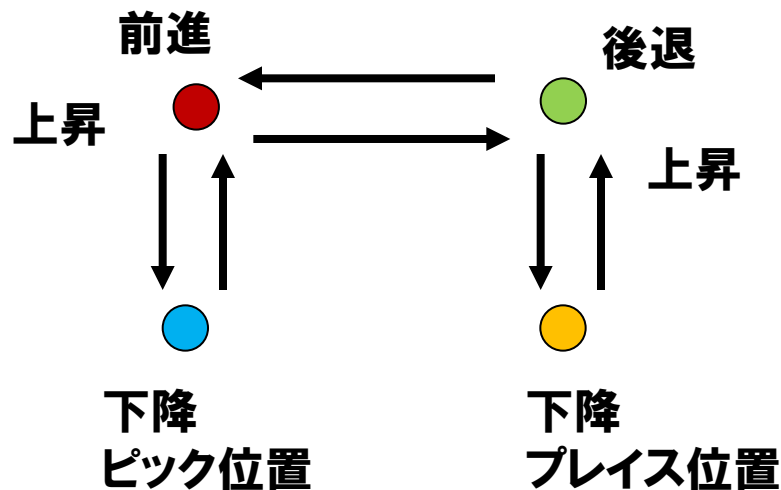
## 位置決め動作をする軸(関節)のモデリング



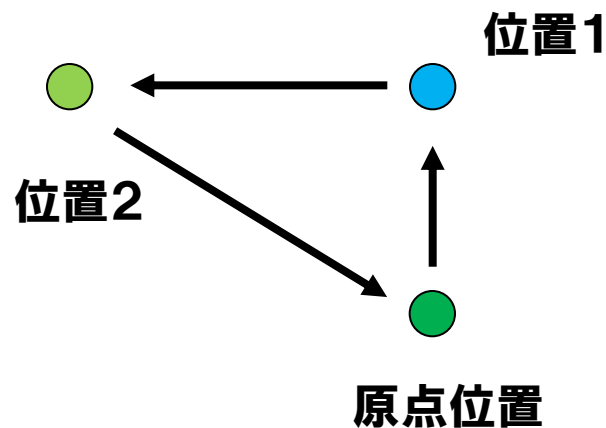
(1)スライダー



(2)エアシリンダ



(3)ピックアンドプレイス



(4)ロボット

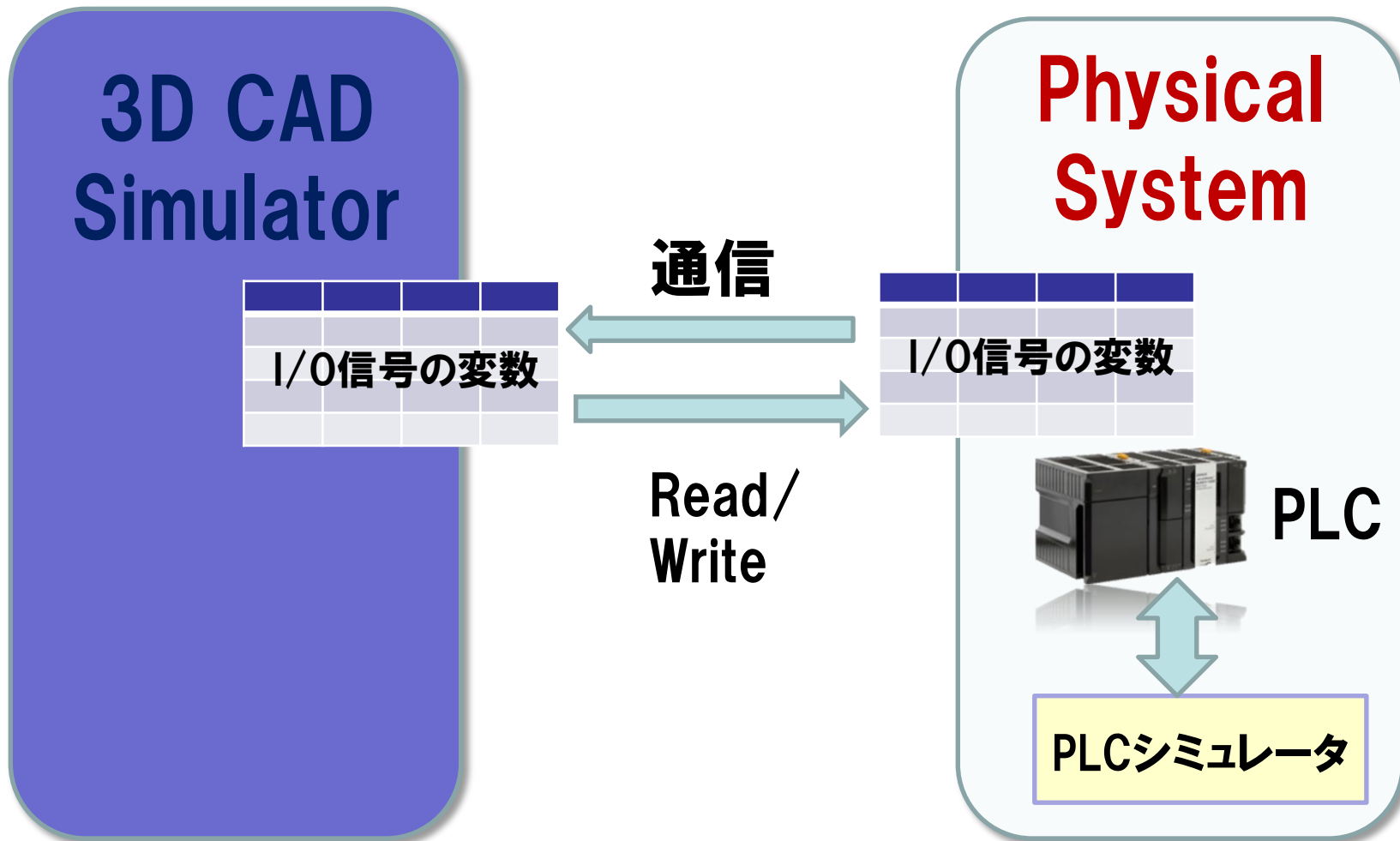


## メカニカル動作と入出力信号の状態とを関連づける

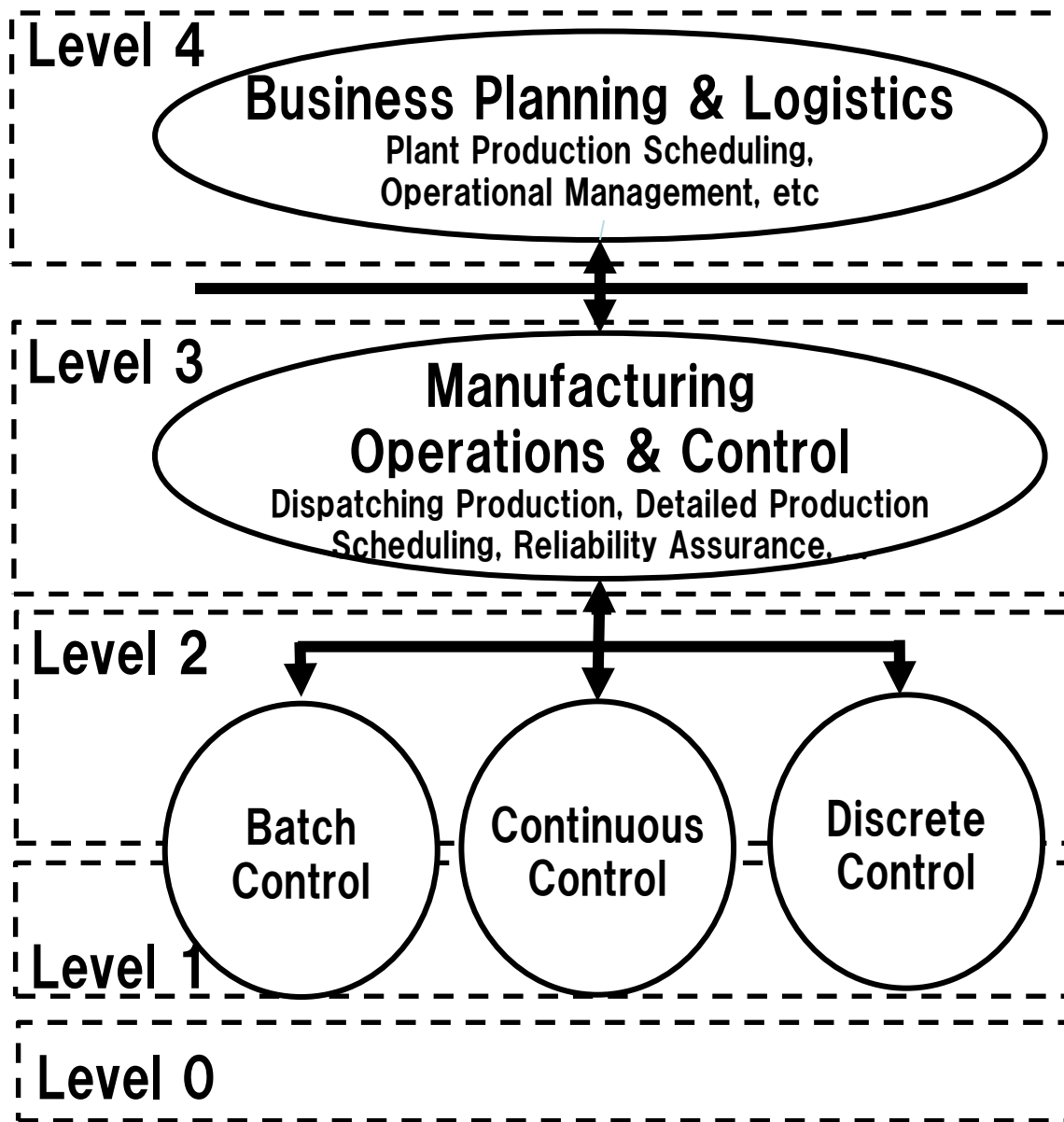
部品名	メカニカル動作	センサ入力信号	アクチュエータ出力信号
スライダー	原点⇒前進⇒後退	<ul style="list-style-type: none"><li>・前進の位置</li><li>・後退の位置</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・モータ前進</li><li>・モータ後退</li></ul>
エアーシリンダ	原点⇒出⇒戻	<ul style="list-style-type: none"><li>・クランプ開の位置</li><li>・クランプ閉の位置</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・バルブソレノイド開</li><li>・バルブソレノイド閉</li></ul>
ピックアンドプレイス	下降 ⇒ ピック ⇒ 上昇 ⇒ 前進 ⇒ 下降 ⇒ プレイス ⇒ 上昇 ⇒ 後退	<ul style="list-style-type: none"><li>・前進、後退の位置</li><li>・上昇、下降の位置</li><li>・ピック、プレイス位置</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・モータ前進</li><li>・モータ後退</li><li>・バルブソレノイド開</li><li>・バルブソレノイド閉</li></ul>
ロボット	原点 ⇒ 位置1 ⇒ 位置2 ⇒ 原点	<ul style="list-style-type: none"><li>・位置決め完</li><li>・原点位置決め完</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・プログラムスタート</li></ul>



## PLC入出力信号の変数と 3D CADモデルの入出力信号をマッピング







## シミュレーション・レイヤ

生産実行管理  
シミュレーション  
(エリアレベル)

設備シミュレーション  
(ラインレベル)

装置シミュレーション  
(セル、デバイス)

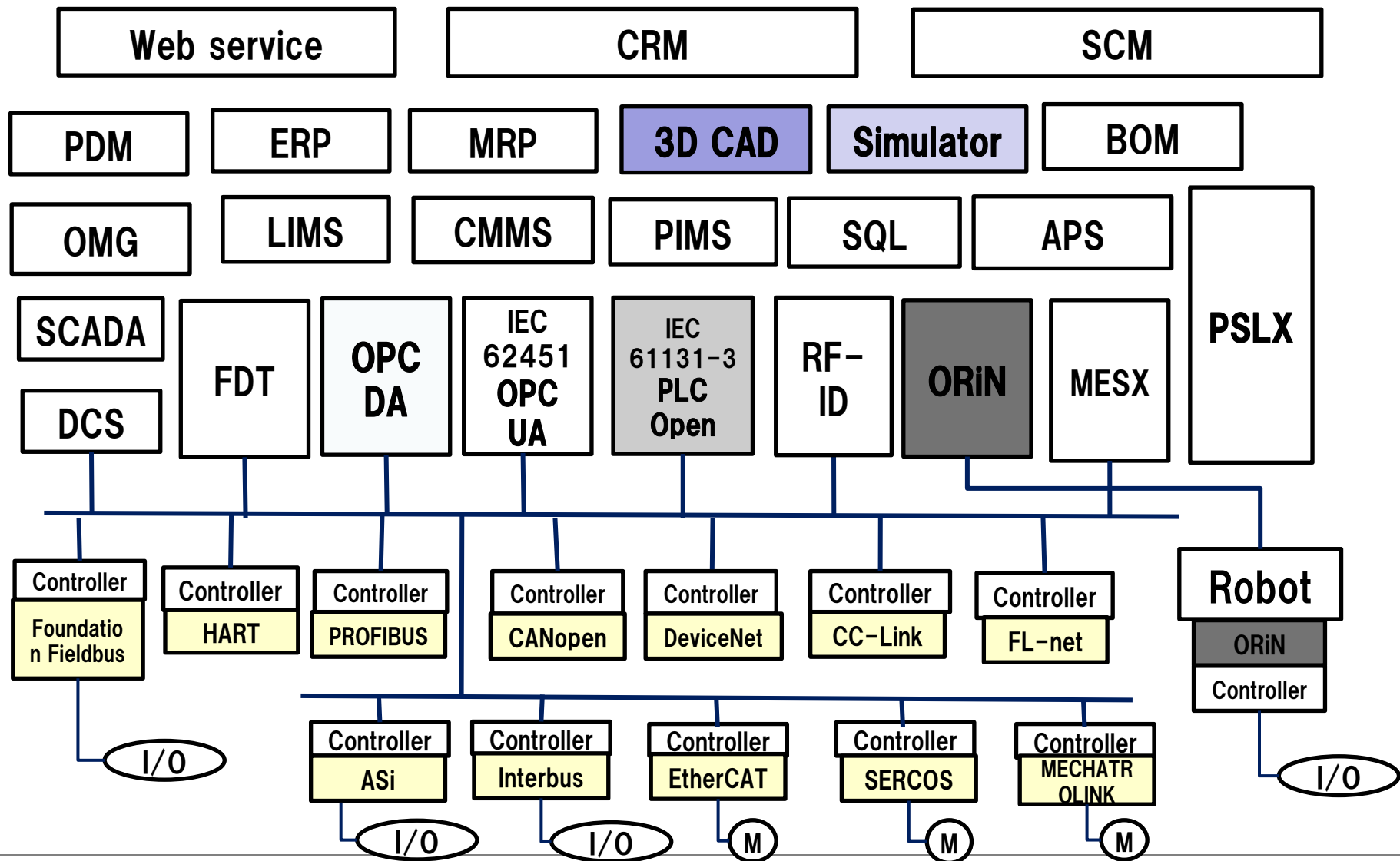


## 時間確定性、耐環境性、信頼性、コストの広範囲な要求に応える

CFP No.	IEC61784-1 Fieldbus	IEC61784-2 RTE	標準化関連組織
CPF1	FOUNDATION Fieldbus	-	Fieldbus Foundation
CPF2	CIP (ControlNet, Ethernet/IP)	Ethernet/IP with time synchronization	Controlnet International ODVA
CFP3	PROFIBUS, PROFINET	PROFINET IO	PROFIBUS International
CFP4	P-NET	P-NET on IP	デンマーク
CFP5	WorldFIP	-	WorldFIP
CFP6	INTERBUS	PROFINET GW	INTERBUS Club
CFP8	CC-Link	-	CC-Link協会
CFP9	HART	-	HART Communication Foundation
CFP10	-	Vnet/IP	日本
CFP11	-	TCnet	日本(東芝)
CFP12	-	EtherCAT	EtherCAT Technology Group
CFP13	-	ETHERNET Powerlink	ETHERNET Powerlink Standardization Group
CFP14	-	EPA	中国
CFP15	-	MODBUS-RTPS	MODBUS-IDA
CFP16	-	SERCOSIII	Interests Group SERCOS Interface e.V.



# アプリケーション連携と標準化





## OPC FoundationとPLC openのジョイントWG

- ✓ IEC 61131-3 のOPC UAへのマッピング
- ✓ IEC 61131-3 仕様の内容にフォーカス
- ✓ IEC 61131-3 software model ⇒ UA object types
- ✓ IEC 61131-3 data types ⇒ UA data types
- ✓ IEC 61131-3 variable qualifiers ⇒ UA properties

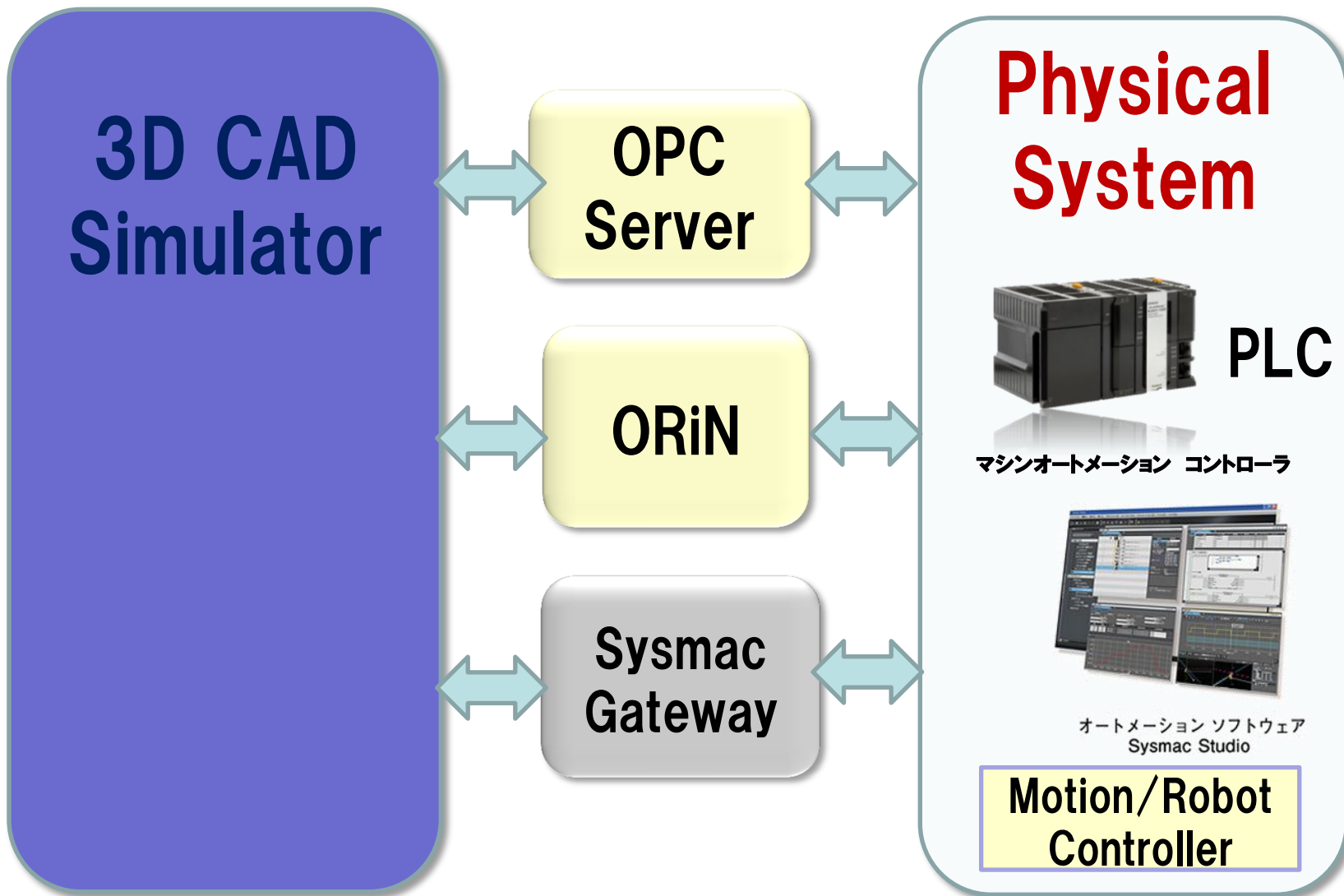
複数の異なる装置、生産ライン、工場単位でフィジカルシステムのデータを扱えるようにするには、IEC61131-3とIEC-62541を組み合わせることで実現が容易になる



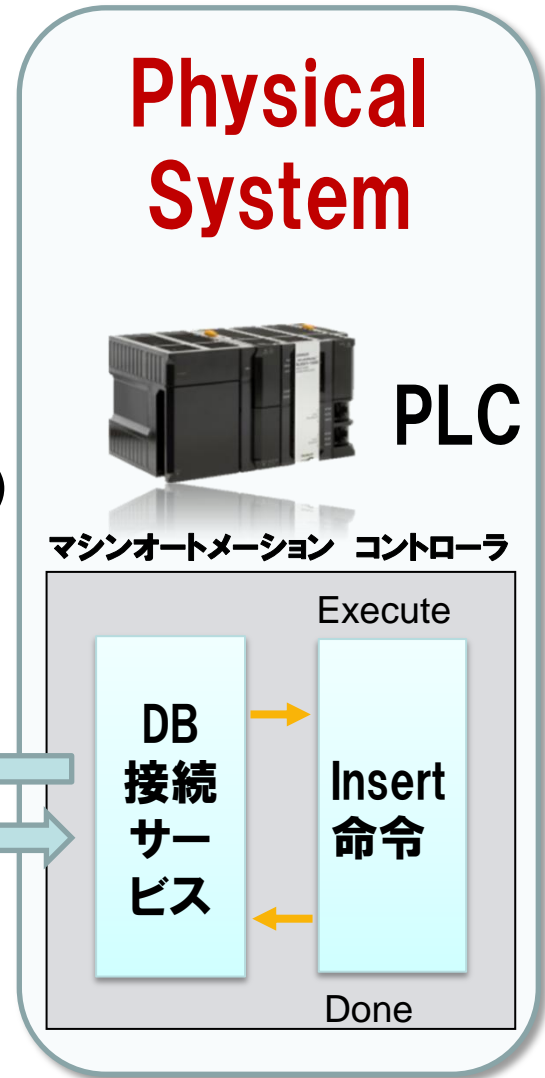
OPC UAジョイントWG



# フィジカル・システムとの接続 (1)



3D CAD Simulator



時系列データ (CSV, XML)



SQL/応答



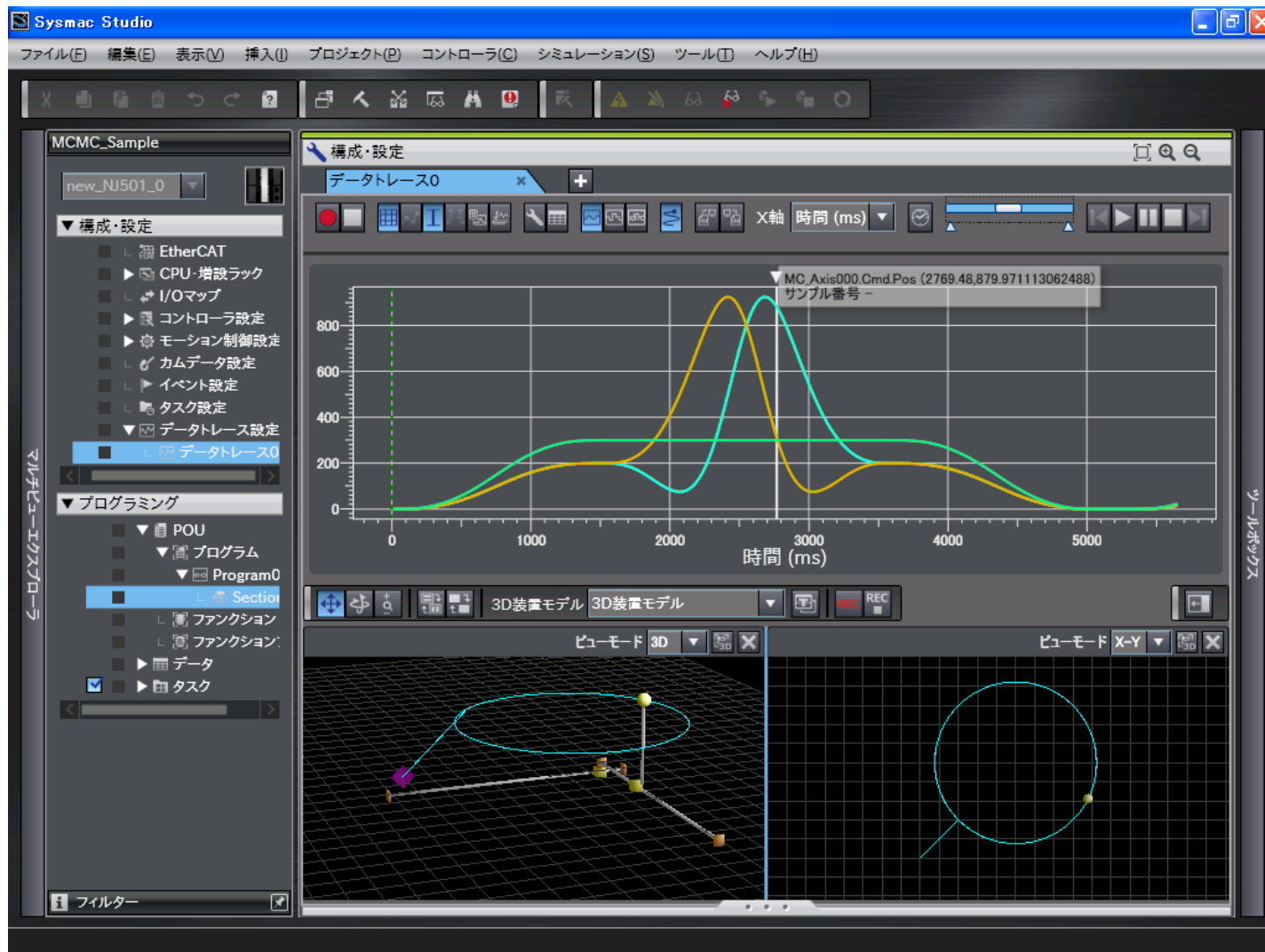
- PLC Open Motion Control FBの動作をシミュレーション
- ステップ実行／ブレークポイント

The screenshot displays the Sysmac Studio interface for motion simulation. The main window is titled "Sysmac Studio" and contains several panes:

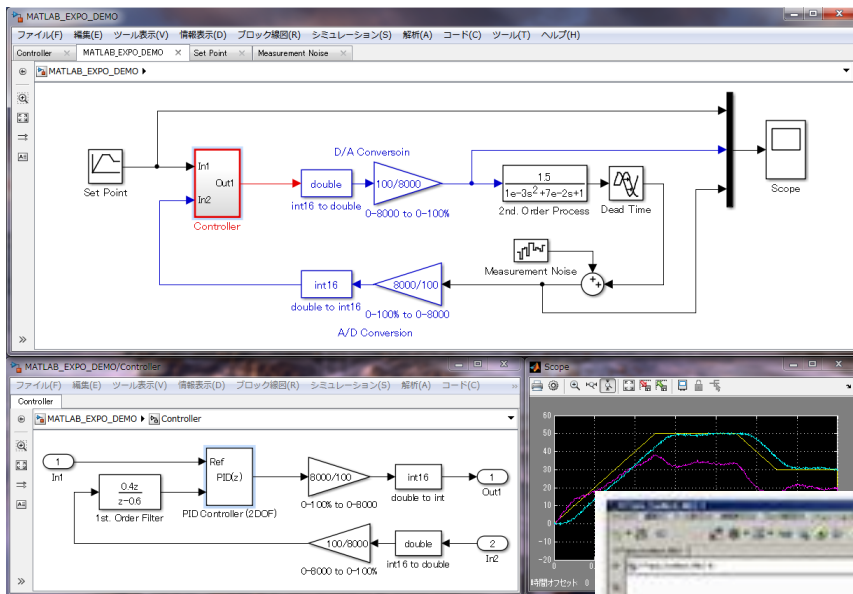
- Left Pane (Configuration):** Shows a tree view for "Sim\_MC\_TouchProbe\_2" with sub-items like "構成・設定" (Configuration) and "プログラミング" (Programming). The "データトレース0" (Data Trace 0) option is selected.
- Top Pane (Programming):** Shows a table of variables for "Section0":
 

名称	データ型	初期値	割付先
latchFlag	BOOL		
motion_move	MC_Move		
move_done	BOOL		
mc_probe_ext	MC_TouchProbe		
ti_ext	_sTRIGGER_REF	(Mode := _m...	
- Main Area (Simulation):** Shows a ladder logic diagram with three rungs:
  - Run Rung 1:** A normally open contact labeled "moveStart" is connected to a coil for the "motion\_move" function block. The block parameters include: Execute (true), Done (move\_B(True)), Position (30000), Velocity (3000), Acceleration (3000), Deceleration (3000), Jerk (3000), Direction (MC\_Axis000), BufferMode (Axis), and MoveMode (Axis). Output variables include Busy, Active, CommandAborted, Error, and ErrorID.
  - Run Rung 2:** A normally open contact labeled "probeExt" is connected to a coil for the "mc\_probe\_ext" function block. Parameters include: Execute (true), WindowOnly (false), FirstPosition (0), LastPosition (0), ReferenceType (MC\_Axis000), StopMode (MC\_Axis000), Axis (MC\_Axis000), Triggerinput (ti\_ext), and TriggerVariable (t\_ext). Output variables include Done (probeExt\_B(True)), Busy (pos\_ext(0)), RecordedPosition (変数を入力), CommandAborted (変数を入力), Error (probeExt\_E(False)), and ErrorID (probeExt\_EID(0)).
  - Run Rung 3:** A normally open contact labeled "latchFlag" is connected to a coil for the "SIM\_latch" function block. Parameters include: Enable (1), LatchID (1), Status (latch\_b(False)), and Busy (latch\_b(False)).
- Right Pane (Toolbox):** Lists various simulation tools such as "BCD変換", "FCS", "Structured Text Tools", "カウンタ", "サーボドライバエミュレータ", "シーケンス出力", "シーケンス制御", "シーケンス入力", "システム制御", "シフト", "スタックテーブル", "その他", and "タイマ".
- Bottom Right (Controller Status):** Shows "ONLINE" and "シミュレータ" (Simulator) status, along with "ERR/ALM" and "運転モード" (Operation Mode) indicators.

## ・ 3D軌跡シミュレーションとデータトレース表示

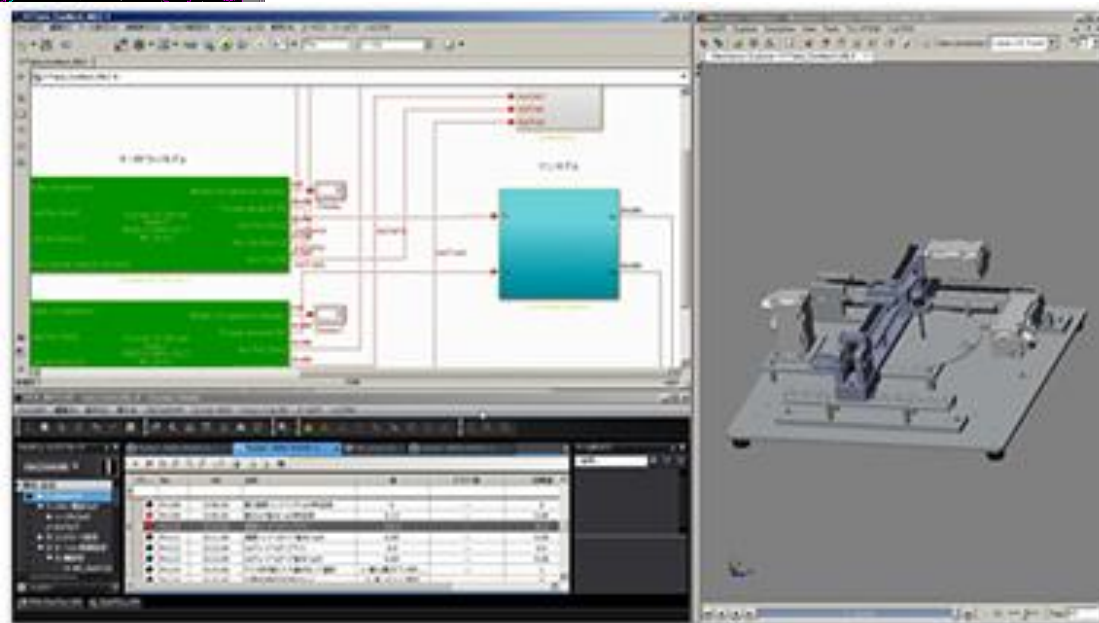






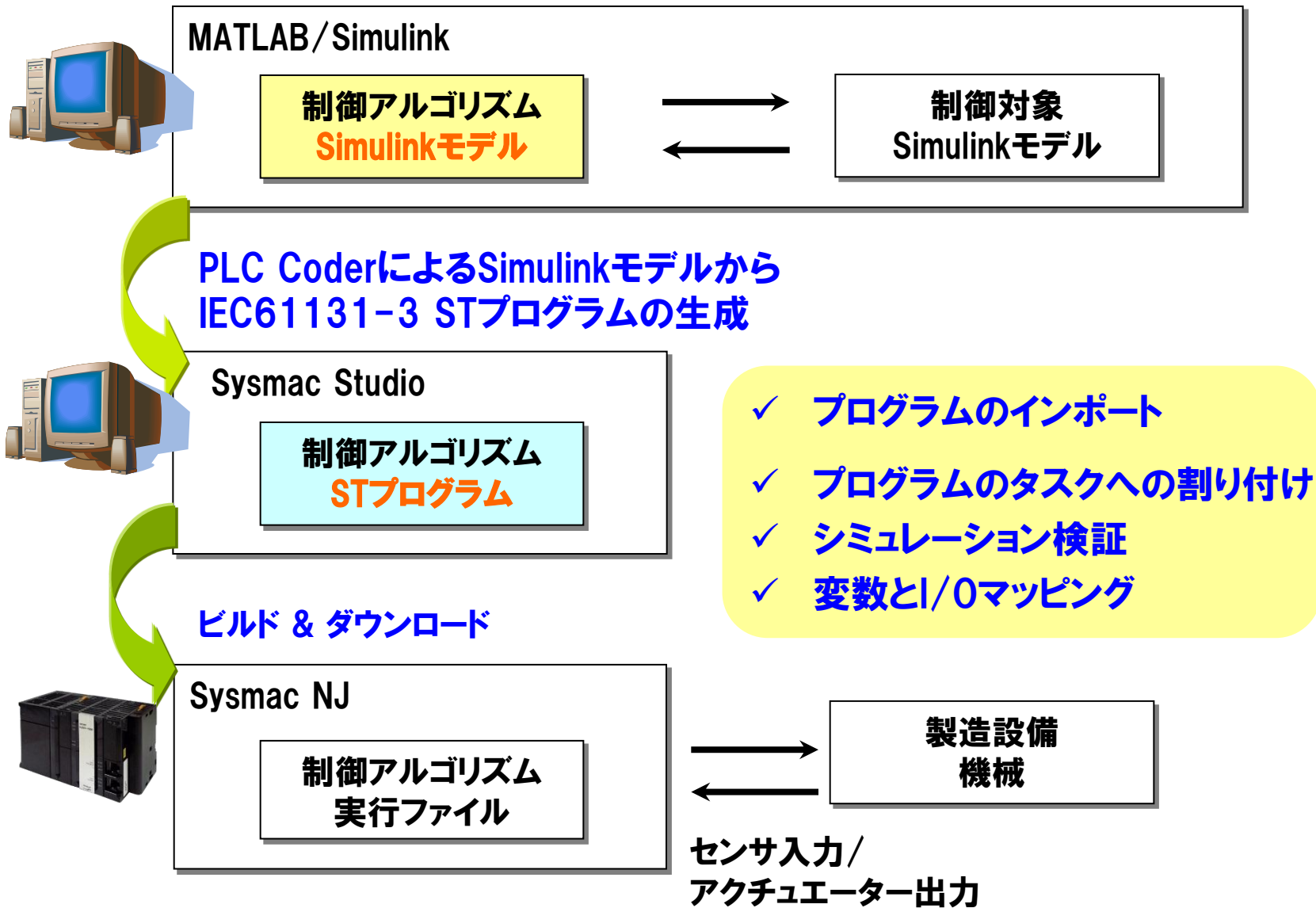
- **ブロック線図でモデルベース  
の設計**

- **設備シミュレーション  
とPLCシミュレータの  
連動で動作確認**





# MATLAB/Simulink とPLCの連携





**3D CADデータからシミュレーションモデル作成までの  
自動化の仕組みやモジュール再利用での効率化が必要**

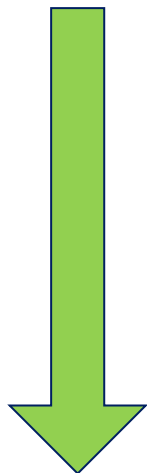
## 課題

- ・ 3D CADデータ加工のコスト大
- ・ 3D CADのデータ構造は、加工や組立に最適化
- ・ 設備シミュレーションモデルは、部品単位ではなく動作単位のモジュール
- ・ サーフェースモデルでさらに軽量化
- ・ 軸や関節の情報付加は個別のCADに依存



- ・ 設備シミュレーションとフィジカル・システムの連携によって、エンジニアリングチェーンが大幅に効率化
- ・ 1ミリ秒間隔から1分間隔までの時系列データをモデル化
- ・ フレキシブルな生産設備のロボット化がさらに進化

## ロボット化＝汎用性の高い設備へ進化



種類	動作	新製品の追加	特徴
専用設備	初期設計の動作 治工具の交換なし	既存設備の改造 新規設備の追加	大量生産 効率が高い
汎用設備	プログラマブル動作 治工具の自動交換	製品依存部追加 プログラムの追加	変種変量生産 変化に対する柔軟性が高い