

システム環境情報学特論

Informatics for Systems and Environment

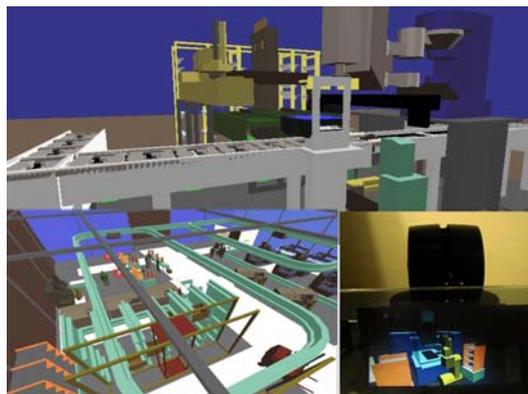
システムの仮想化・デジタル化と知識利用

北海道大学大学院情報科学研究科
システム情報科学専攻

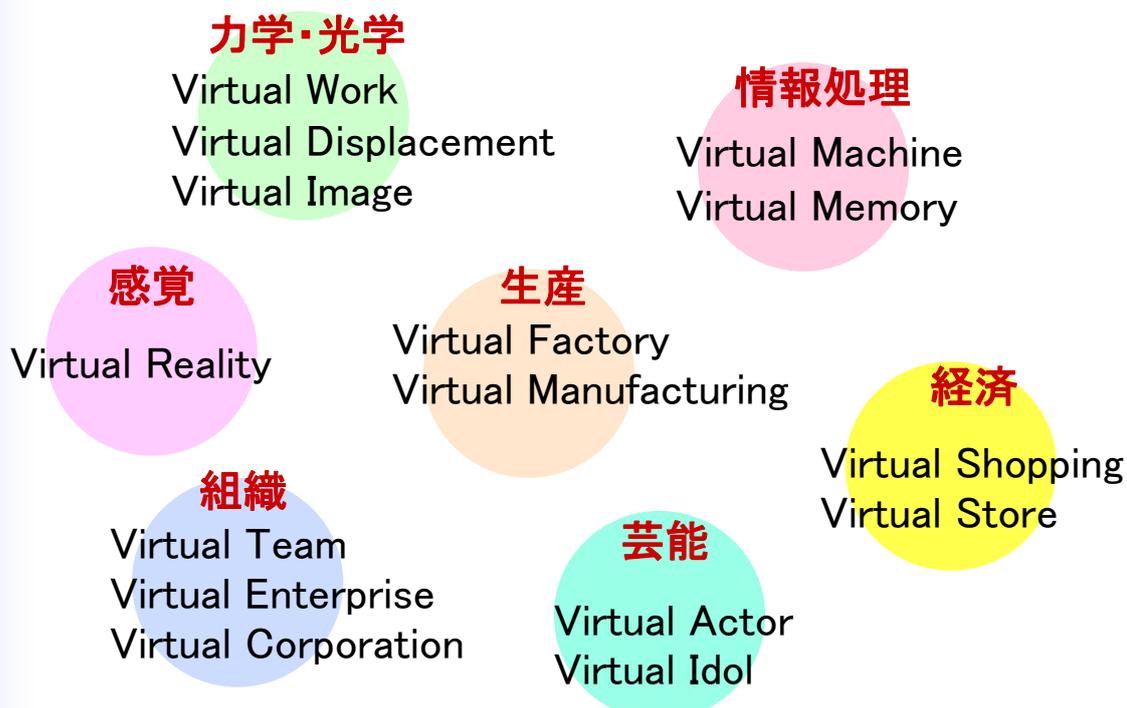
担当 小野里雅彦



仮想生産 (Virtual Manufacturing)



Virtualの氾濫



3

Virtualと仮想

virtual

1. *being such in power, force, or effect, though not actually or expressly such*
2. *temporarily simulated or extended by computer software*

(Random House Unabridged Dictionary 2nd Ed.)

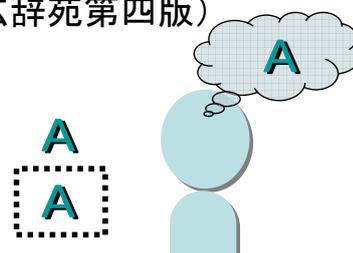
【仮想】

仮に考えること. 仮に想定すること.

(広辞苑第四版)

➡ "virtual"は架空ではなく、機能的
実効性を有する

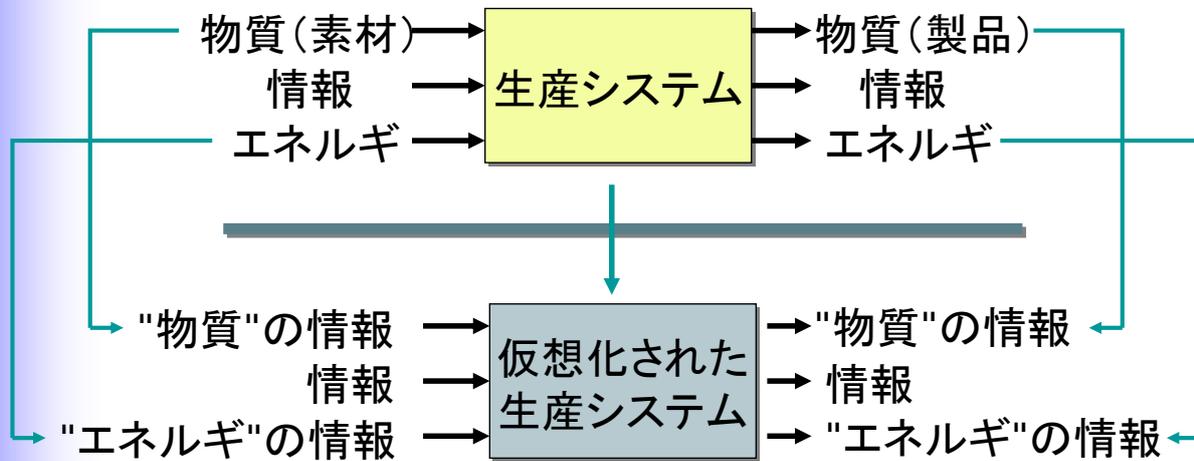
・・・英語と日本語の違い



4

生産システムにおけるVirtualとは？

- 生産というRealな営みにおいてVirtualとはどう考えるか？



- 情報面における"等価性"によりVirtualと考える.

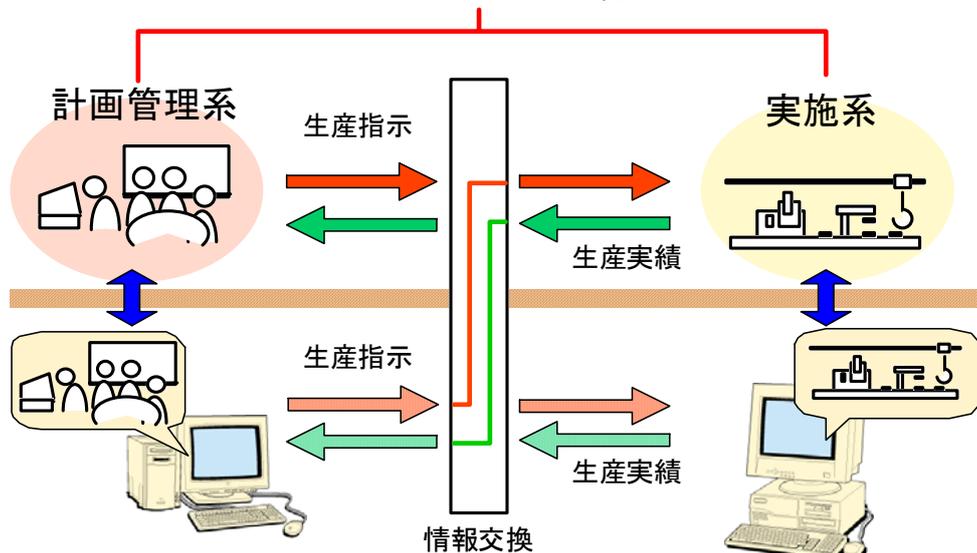
5

情報等価性と生産システムの仮想化

- 人工知能におけるチューリング(Turing)テスト

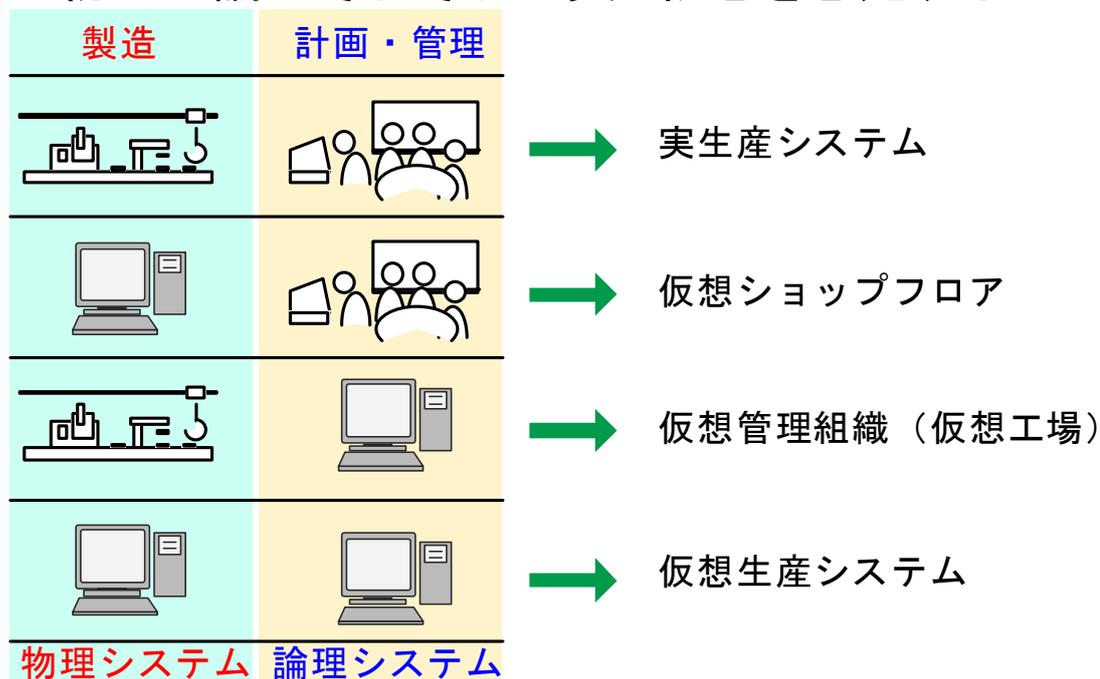
→人間の知能と人工知能との情報面での等価性をテスト

生産システム(工場)



実システムと仮想システムとの組み合わせ

■ 物理／論理それぞれに実と仮想を想定すること



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

生産システムの「仮想化」の2つの方向

現在、国内で「仮想生産」「仮想工場」と称されているもの

- コンピュータ・シミュレーション派
生産に関わるコンピュータ・モデルを構築し、それを用いてコンピュータ・シミュレーションを行う。

生産設備: 仮想 工場組織: 仮想 生産物: 仮想

- テレ・マニュファクチャリング派
地理的に分散した生産設備をコンピュータネットワークで結合し、統合的に管理・運用するもの。

生産設備: 実在 工場組織: 仮想 生産物: 実在

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

仮想生産への主要なアプローチ

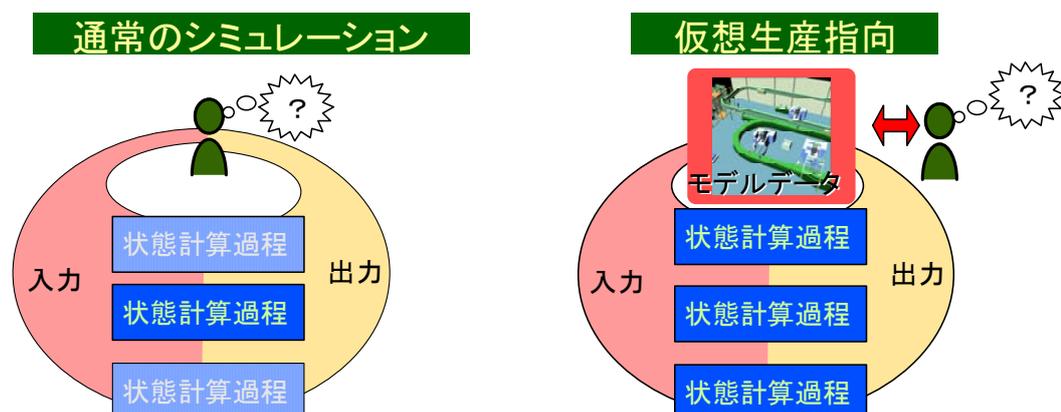
- **プロダクトモデリング派**
組立品の挙動シミュレーション, 工程設計, ...
- **プロセスシミュレーション派**
切削シミュレーション, 塑性加工シミュレーション, ...
- **設備シミュレーション派**
オフラインプログラミング, 設備振動解析, ...
- **物流シミュレーション派**
物流アニメーション, AGVシミュレーション, ...
- **機器制御派**
遠隔操作, VMD, Open System Controller, ...
- **人工現実感派**
CG, ウォークスルー, 作業訓練, ...

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

仮想生産とシミュレーション

Q: 仮想生産はこれまでのシミュレーションと何が違うのか？

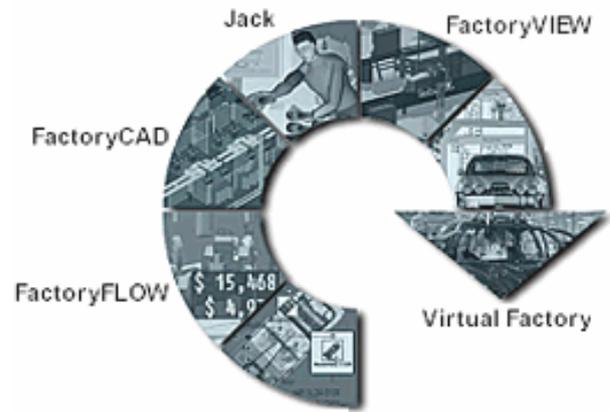
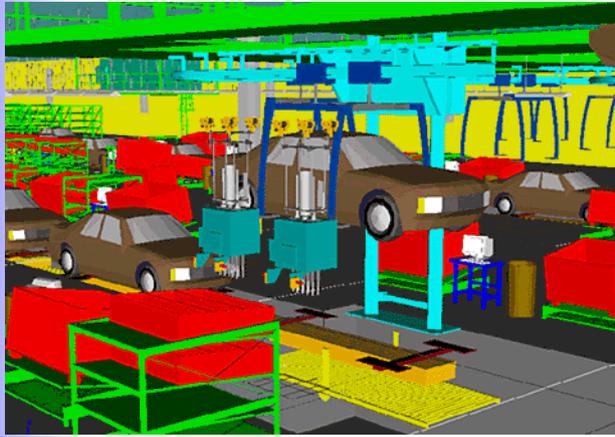
A: 計算の過程を見たときには, これまでのシミュレーションと同じ. ただ, (設備や製品などの) 対象となるモデルの汎用性, 独立性, 継続性が強く意識される.



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

商用ソフトウェアの例: EDS

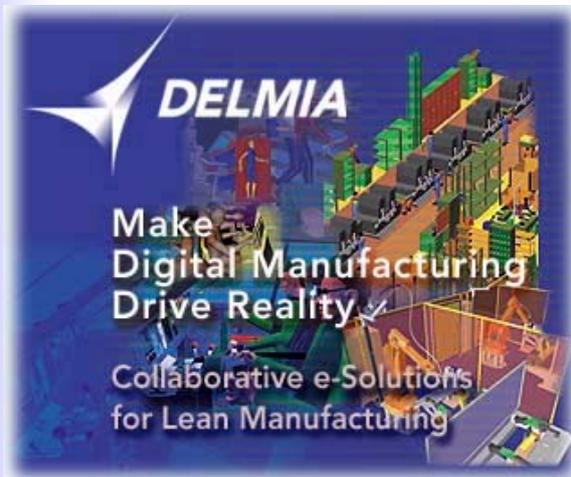
- 分散事象系のシミュレーションを実行するための周辺ソフトウェア群を整備



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

商用ソフトウェアの例: DELMIA

- ロボットのシミュレータのIGRIP, 物流シミュレータのQUESTを核に総合的なシミュレーション環境を提供



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

物流シミュレータ QUEST

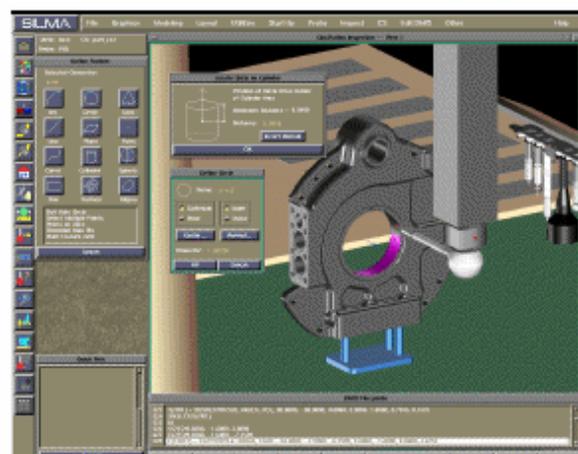
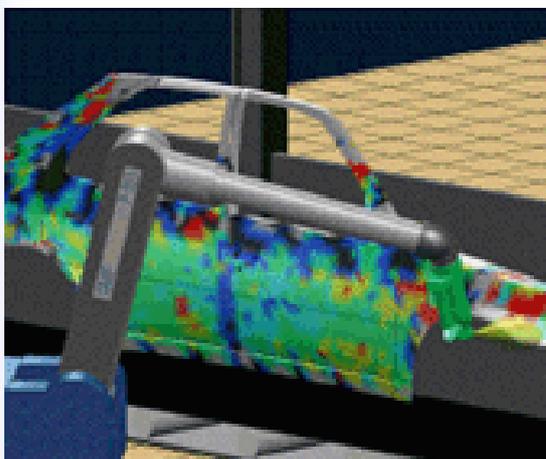
物流シミュレータ DELMIA QUESTの例



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

商用ソフトウェアの例: SILMA (Adept)

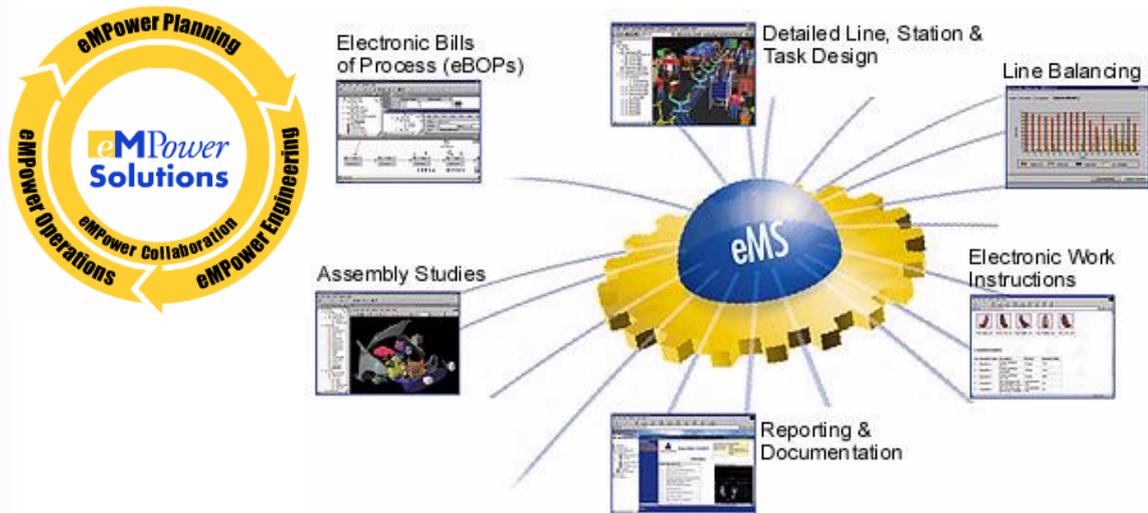
- CimStationシリーズを販売. 主にロボット&3次元測定機を中心としたセルレベルのプロセスシミュレーションに展開.



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

商用ソフトウェアの例: tecnomatix

- ロボットシミュレータのROBCAD, 離散系シミュレータのSimple++を開発, 販売. 最近は, eMPowerの名称でのソリューション提供で展開.



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

実と仮想の連携例

米国 サンディア国立研究所でのロボットプログラミングの例

仮想モデルを用いた
ロボットプログラミングの例

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

生産シミュレーションの展開

情報処理能力の飛躍的向上とモデル蓄積の段階的進行



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

仮想生産構築へのアプローチ

■ 仮想生産実現における3つの等価性

● 構造等価性

構成要素やそれらの間の相互関係が実物—仮想物で対応つくこと

● 挙動等価性

物理的制約を満たす挙動が実システムと同様に生成できること

● 情報等価性

実生産において生成される情報と同等な情報を生成できること

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

仮想生産構築における規範

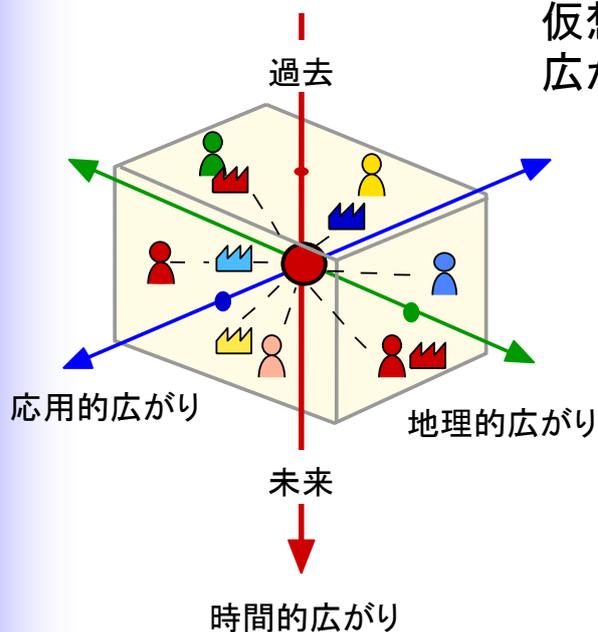
仮想生産を実現するには以下のことに留意

- 論理システムと物理システムとの分離
論理システムと物理システムとは支配している原理が違う。論理システムの意図した通りに物理システムが動作する保証はないし、物理システムの振る舞いがそのまま論理システムに反映される訳ではない。
- 要求と結果との分離
～したい、ということ(要求事項)と、結果として現れる～となった(結果)とを区別する。例えば、ロボットへのgraspという要求と、実際の対象のgraspとは違う。
- synthesisとanalysisの分離
設計や計画と、それに対する分析とを区別。たとえば、最適化の過程とシミュレーションの過程を混在しない。

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

仮想生産に期待されていること

仮想生産は生産情報の持つ3つの広がり統合する可能性を持つ。



時間的統合

過去－現在－未来

地理的統合

工場－国内－世界

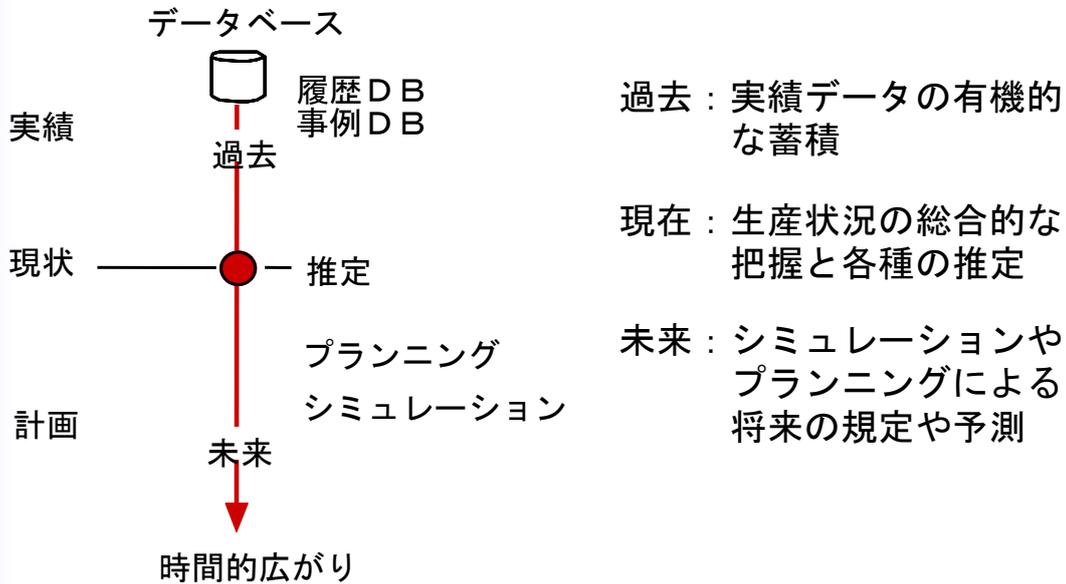
応用的統合

設計－運用－経営・・・

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

仮想生産による時間的統合

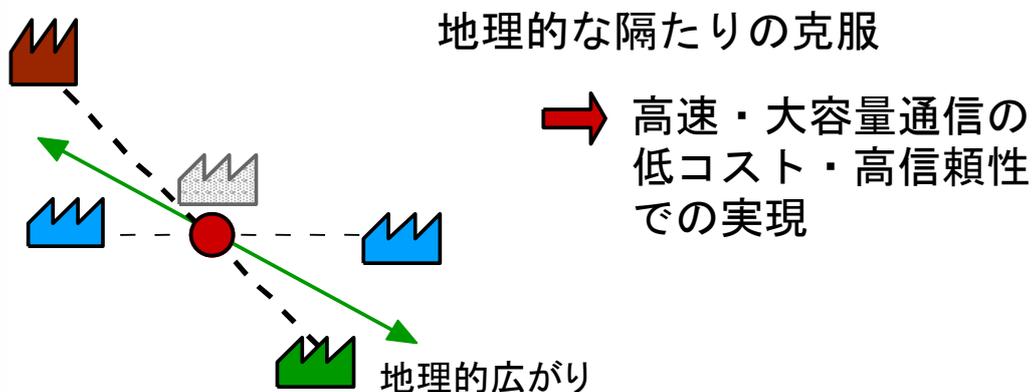
- ★ 仮想生産は生産活動の過去—現在—未来に関する情報を一元的に保持する概念的な枠組みを提供する



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

仮想生産による地理的統合

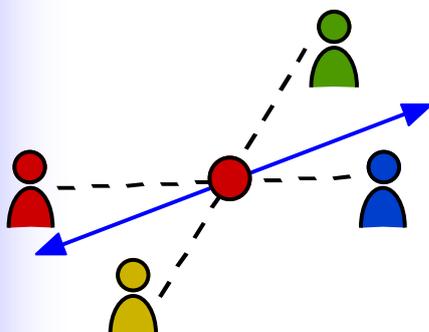
- 仮想生産は地理的に離れた生産拠点を統合して仮想的な場所に集結した工場を実現できる。



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

仮想生産と応用的統合

- 仮想生産が生産に関わる共通の情報基盤を提供することにより、異なる応用間でのデータの交換や協調した意思決定を支援し、応用の統合をはかることが可能となる。



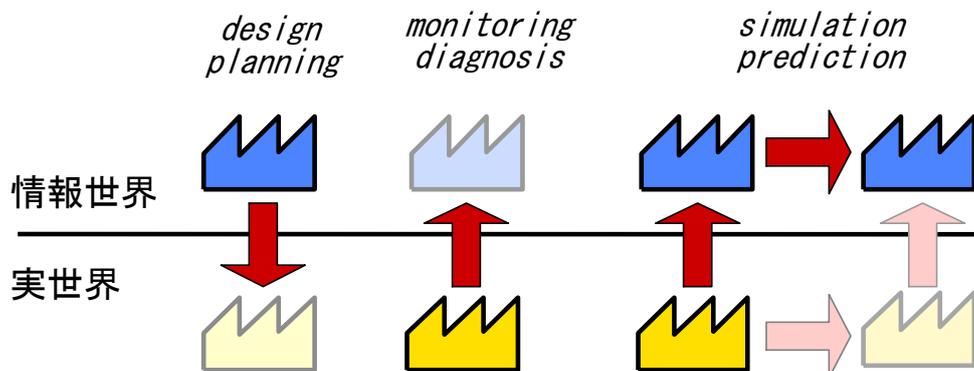
応用的広がり

- 製品設計: 製造可能性, コスト評価, ...
- 設備設計: レイアウト, 能力評価, ...
- 生産管理: 日程計画, 設備制御, ...
- 設備管理: 劣化予測, 保全訓練, ...
- 販売経営: 納期予測, 生産性評価, ...

仮想生産の利用

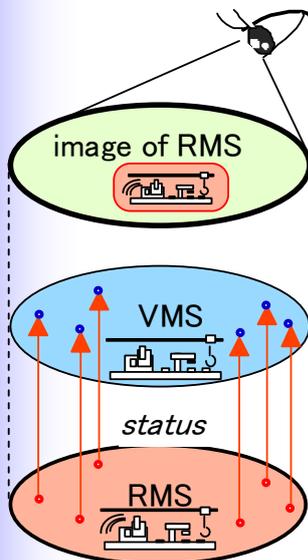
- 仮想生産の実現により得られる利点とは？

➡ 大規模で多様, 複雑, かつ時間変化をする生産システムを, 第一次近似として情報世界で明確に [規定 | 推定 | 予測] できること.

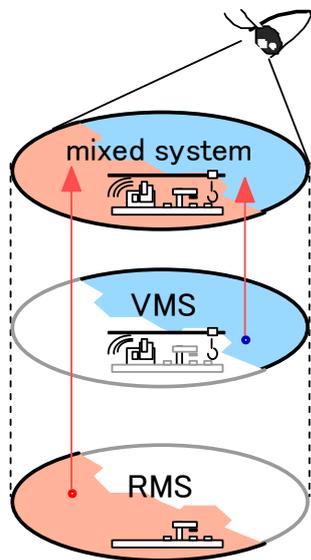


実システムと仮想システムの混合形態

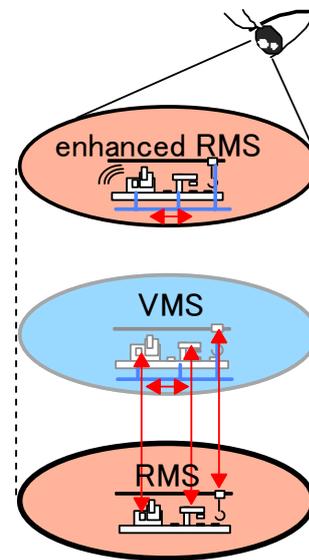
shop floor monitor



mixed system



enhancement by VMS



RMS: *real manufacturing system*

VMS: *virtual manufacturing system*

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

仮想生産のその他の適用領域

- 新規設備導入のテストベンチ
- 工場の設備や資材管理などのデータベース
- 工場内コミュニケーションの情報交換インフラストラクチャ
- 工場間通信のためのVirtual Factory Model
- 製造性設計, 組立性設計など製品設計者への情報提供
- 現場作業員等の教育
- 経営や販売に対する生産状況の現状や予想の提示
- 生産知識の格納メディア
- 製造プロセスなどの公開手段 (ISO, PL, 消費者, 住民等)
- 大学, 高専, 工業高校などでの演習などの教育

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

仮想ショップフロアの作り方

仮想ショップフロア構築環境 VirtualWorks を例に



VirtualWorksとは？



- 工場のショップフロア(製造設備, 素材, 部品, 製品, 作業員, 情報機器, 建造物など)の汎用的な計算機内モデルである**仮想ショップフロア**を構築し, そこにおける製造活動での各要素の振る舞いを総合的にシミュレーションするためのソフトウェア・システム

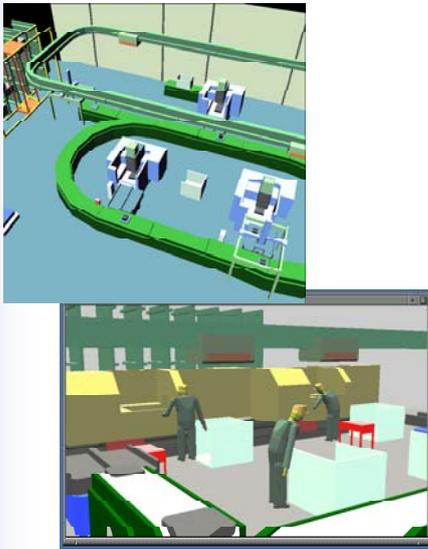
対象範囲内

機器の配置
機器の構造
機器動作の計算
不具合の検出
スケジュールの実行

対象範囲外

機器の自動配置
機械構造の設計
機器動作の導出
不具合の改善
スケジュールの作成

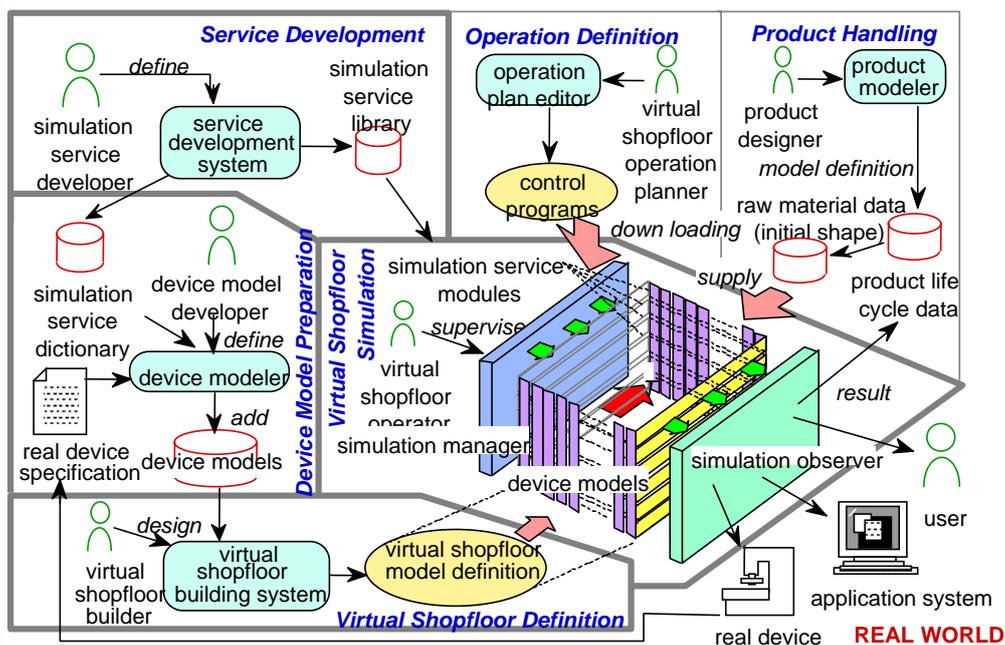
VirtualWorkの特徴



- 3-D Model & CG
形状や配置の詳細な情報利用
- オブジェクト指向
構造等価性の向上
- 時間駆動でのシミュレーション
生じる事象は現状態にのみ依存
- NC機器の自律的動作
自らのプログラムに従い並列動作
- 物理事象のシミュレーション
物理制約の考慮
- 多様なモデル要素
通信データ, 素材, 人間, ...

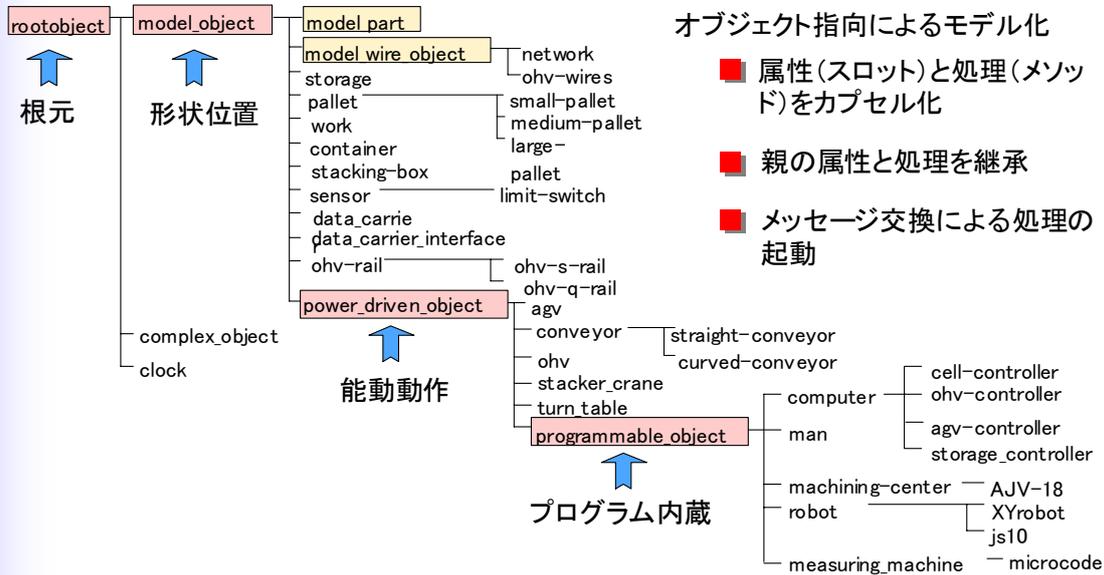
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

VirtualWorksの研究開発フレームワーク



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

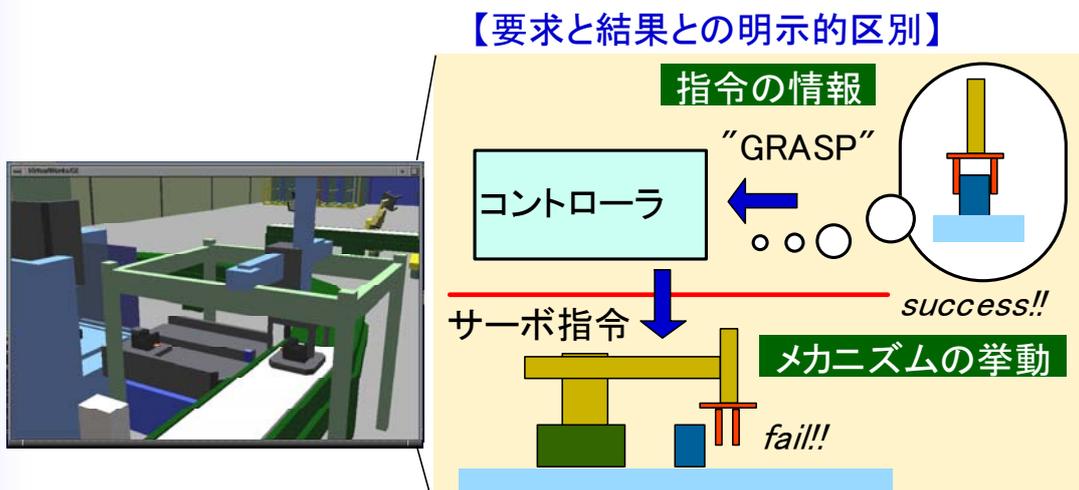
■ 機器オブジェクトのクラス階層 (一部抜粋)



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

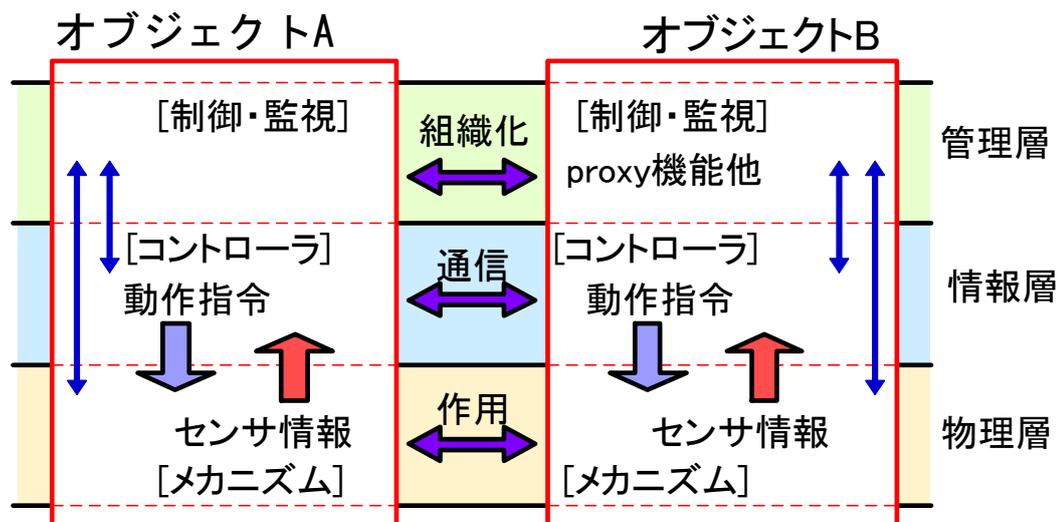
物理／論理, 要求／結果の分離

■ 機器における情報的な指令とメカニズム等の挙動をモデル化とシミュレーションにおいて明確に分離すること



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

機器オブジェクトへの3階層の導入



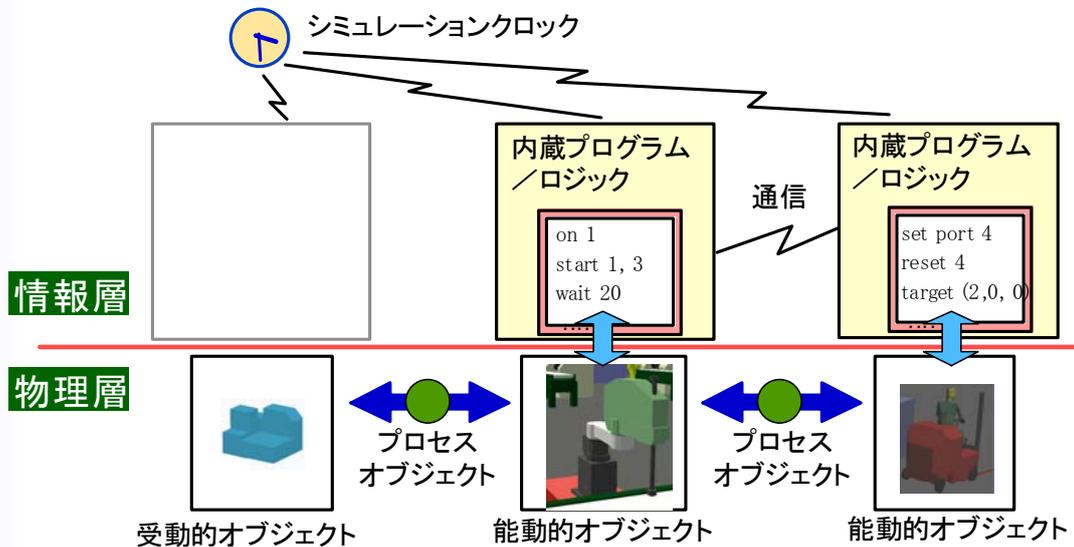
➡ 情報層と物理層との間のインタラクションは、実機器に存在するもののみを使うことを原則とする。

3階層によるクラス実装

	クラス名 スーパークラス名		
管理層	システム管理データ オブジェクト名 シミュレーション判定フラグ	オブジェクト管理メソッド オブジェクト生成・消去 時間管理, コミュニケーション	proxy
情報層	コントロールデータ 状態遷移グラフ 動作プログラム レジスタ変数 プログラムデータ領域	コントロールメソッド 機器制御コマンド実行 プログラムインタプリタ 機器間コミュニケーション I/Oコントロール	
物理層	物理属性データ 3D形状モデル 物性データ, 状態データ 機構データ (座標系接続)	メカニズム操作メソッド アクチュエーション センシング 各種プロセス起動	

VirtualWorksにおける状態更新手続き

- Effect Propagation (影響伝播)による状態更新
- 状態取得と状態更新の2phaseによる更新手順

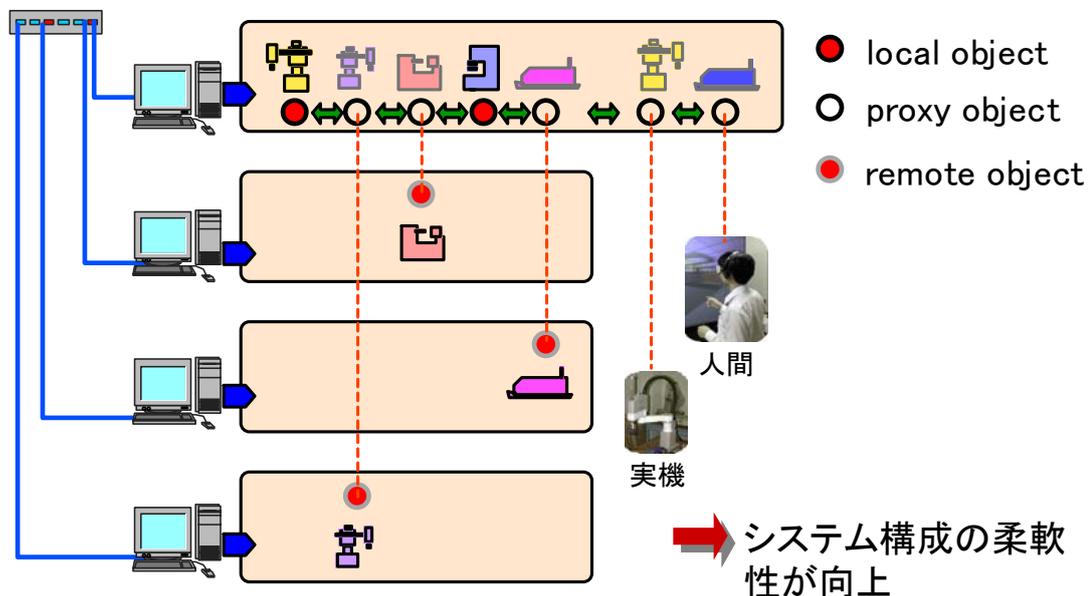


→ 実世界で能動的なものは、仮想世界でも能動的に振る舞う

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

オブジェクトの分散配置

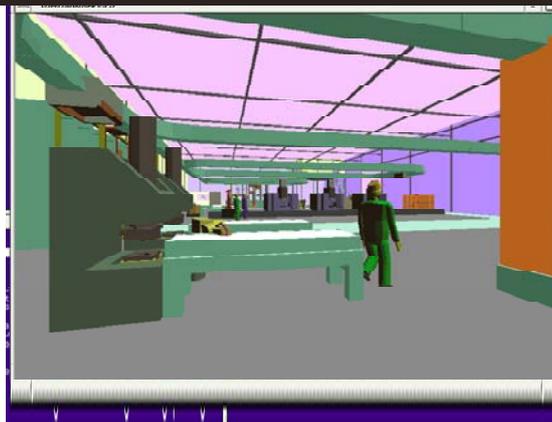
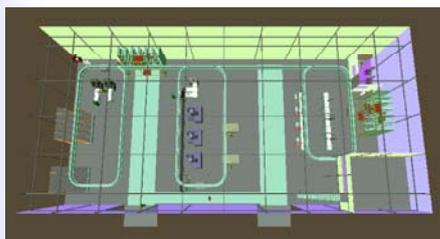
- ネットワーク上に配置された資源を結合



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

仮想ショップフロアの構築例

工場敷地: 24m × 48m
オブジェクト数: 約300
能動的オブジェクト:
作業員, M/C, AGV, ロボット, 3D測定機, 自動倉庫, コンベア, プレス機, ...



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

VirtualWorksのデモビデオ



1998 VirtualWorks/Osaka Univ.

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

デジタルヒューマンモデルの導入

■ 生産を担う主要なプレーヤとしての作業者を仮想ショップフロアに導入

■ 身体的モデル

● 49部位 + 1帽子

【頭, 首, 体軀(3), 上肢(2x2), 手(17x2), 下肢(2x2), 足(2)】

● 76 運動自由度

【首(3), 体軀(3), 肩(3x2), 肘(1x2), 手首(3x2), 手指(20x2), 大腿(3x2), 膝(1x2), 足首(3x2), 足先(1x2)】

■ 視覚モデル

視野に含まれる対象物の方向, 姿勢, 大きさ

■ 聴覚モデル

その場で聞くことのできる音圧など(HRTF)



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

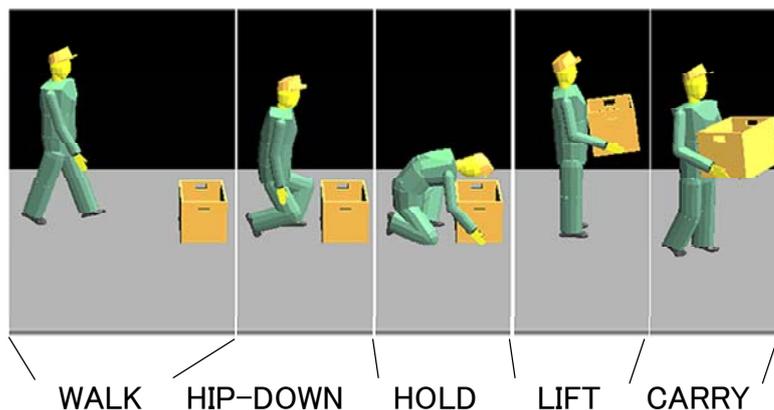
Therblig Interpreter

サーブリッグ(Therblig): Gilbrethらによる作業分析手法における17の基本動作

search, select, grasp, reach, move, hold, release, position, pre-position, inspect, assemble, disassemble, use, unavoidable delay, avoidable delay, plan, rest

- “サーブリッグ的”なレベルで動作の指定を行うことで、自律的に人間モデルが作業を行うことができる仕組み

➡ Therblig Interpreter



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

Affordance Protocol

いかにして人工物を扱う動作を決定するか？

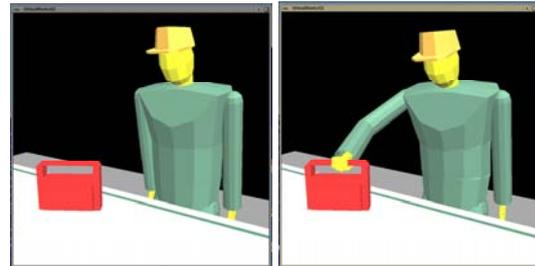
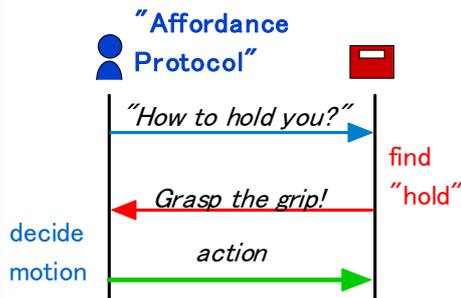
- ➡ 人工物は、自分がどのように扱われるかを人間に語りかけてくる

アフォーダンス (Affordance)

- 対象物のモデル側に、どのように扱われることを意図されて作られたか、という情報を埋め込み、人間モデルとのインタラクションを通じて、人間モデルに情報を提供する



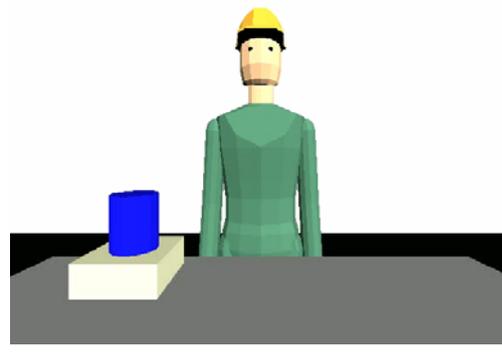
D.A. Norman (1988)
"The Psychology of Everyday Things"



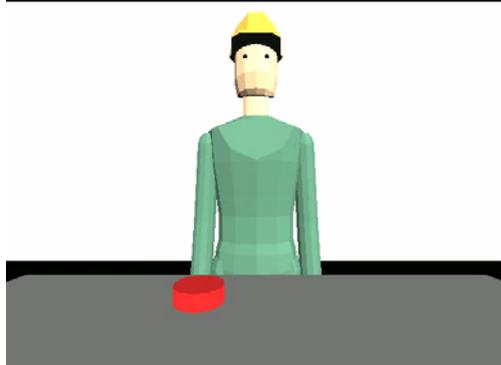
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

人間モデルの作業例

円筒対象
をつかめ



円筒対象
をつかんで
引き出しに
いれる



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato) VirtualWorks 作成: 森川寿信

VirtualWorksを核にした研究展開(1)

- 生産システム設計・運用に関する知識・ノウハウを, その適用状況を含めて丸ごと保存..... 生産知識の動態保存

● システムを

■ モデル層

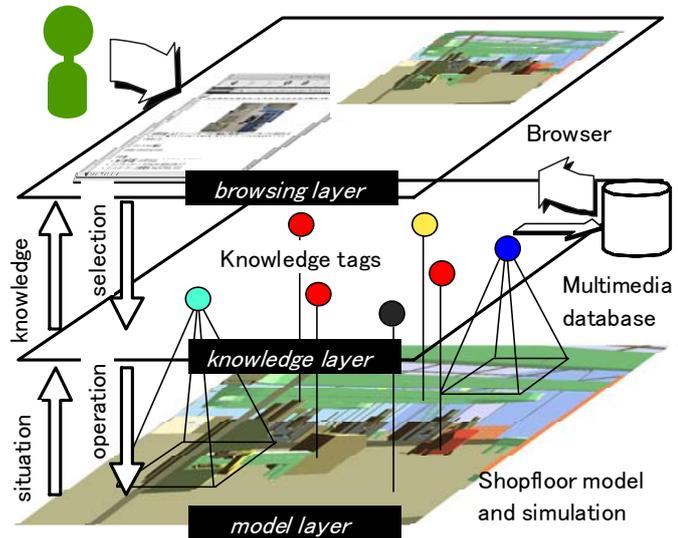
■ 知識層

■ 表示層

により構成

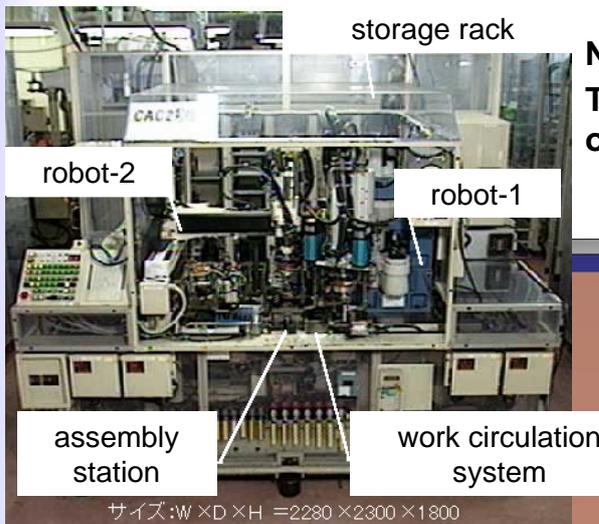
● 知識層からモデル層に
"knowledge tag"で対応付けを行う.

● 表示層に知識内容とそれが適用された状況を同時に提示.



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

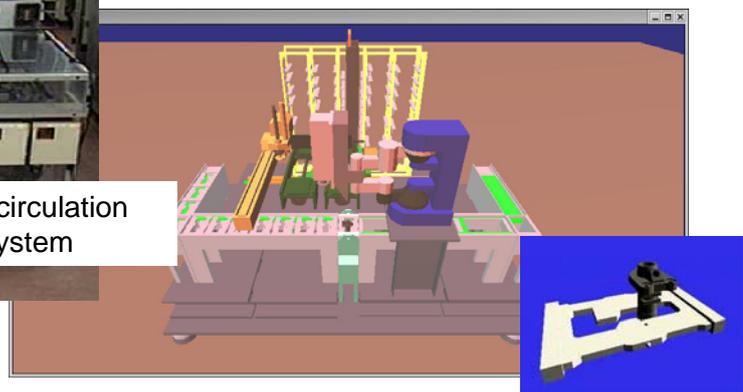
(社)自動車技術会 調査研究への摘要



fuel pump assembly cell

Nov. 2001 - Mar. 2002

The Society of Automotive Engineers of Japan (JASE)



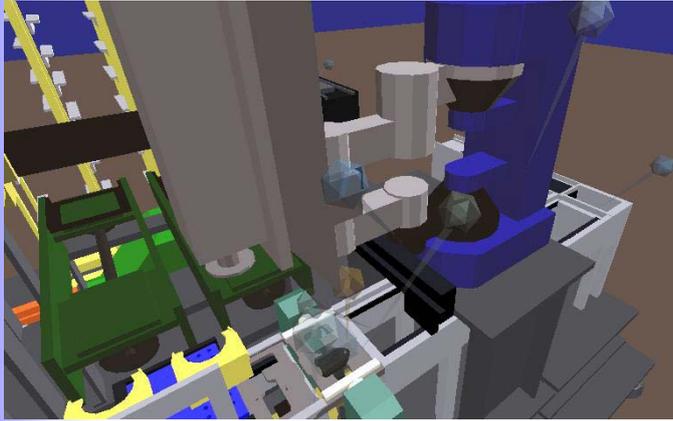
Cell Models by VirtualWorks

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

動態保存の適用 - 組立生産設備設計

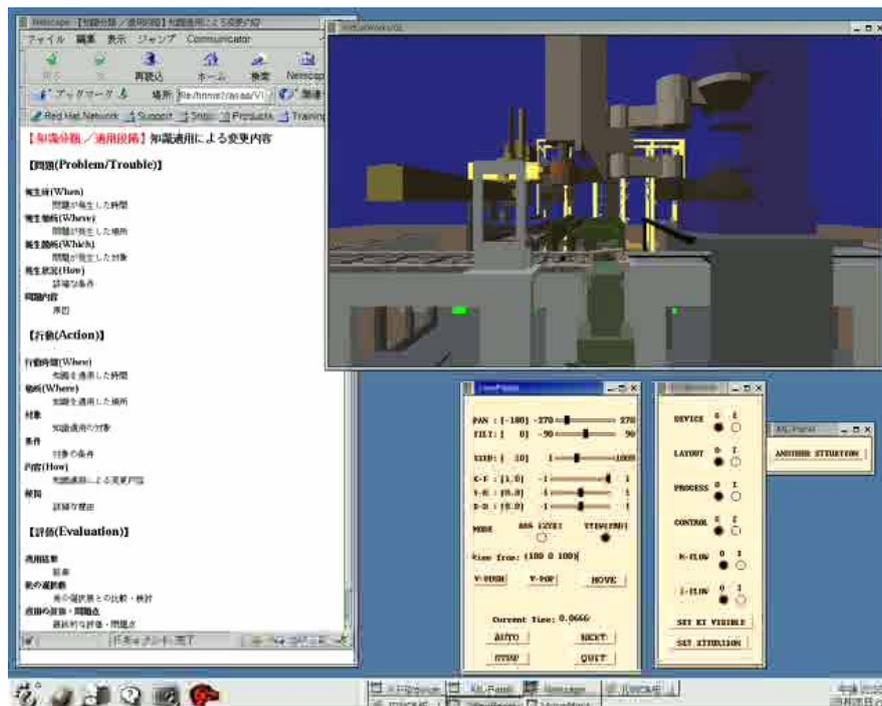
(財)自動車技術会「情報通信技術活用による自動車生産知識の保存手法に関する調査研究」

部品組立の設備の設計・運用に関する知識の適用を調査



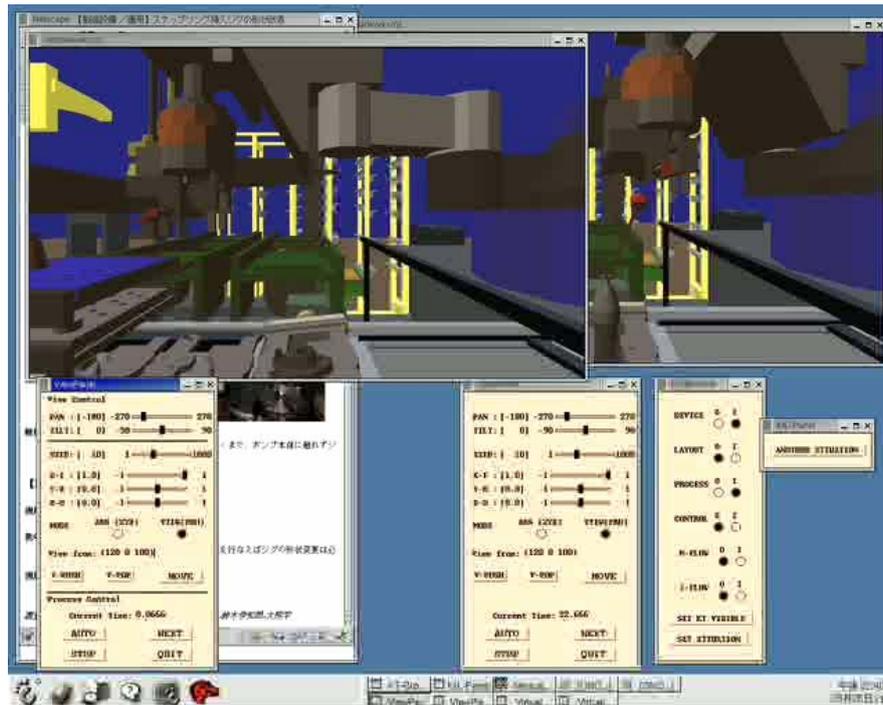
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

動態保存手法の適用事例



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

動態保存手法の適用事例



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

XEONA: 実と仮想の融合

裸眼立体視+触力覚提示デバイス+ハーフミラー
+制御用ソフトウェア

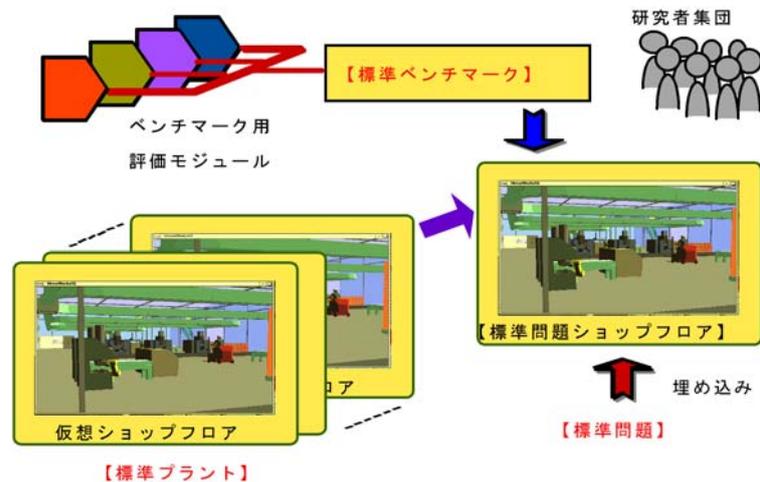
- CADの3次元モデルの部分を指定して必要な情報を埋め込み
- 仮想モデルを用いた反力により実体を加工(ダイレクト・カービング)
- がれきの3次元モデル内を仮想探査ロボットにより移動・モニタリング



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

■ 仮想の生産システムを標準システムとして設定し、生産システム研究の標準問題を構築する。

- 問題設定の共通化
- 制約条件の明示化
- 成果の比較
- 研究成果の蓄積
- 現実への適用



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

ものづくりのこれから

生産のデジタル化の将来(1)

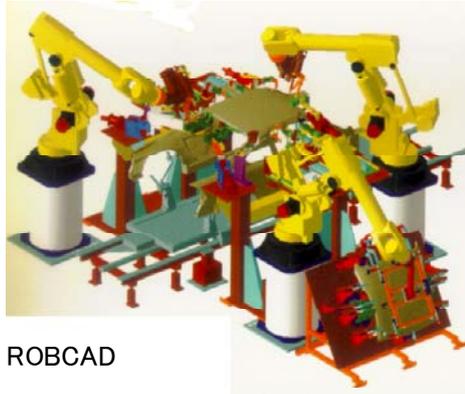
● 生産情報の総デジタル化

- 実物と(情報面で近似的に)等価なデジタル情報が利用可能に

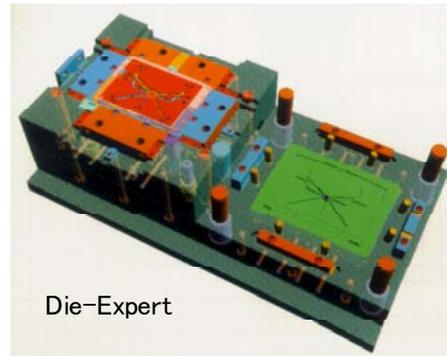
3D-CAD

→ デジタル・モックアップ

→ デジタル・オブジェクト・ライブラリ



ROBCAD



Die-Expert

デジタル化される情報があるレベルを越えると一気に進行

51

生産のデジタル化の将来(2)

● 製造プロセスのデジタル化

- デジタル制御による粉末合金焼結成形技術の実用化

Rapid Prototyping → *Rapid Manufacturing*

- 工場フロアの情報ネットワークと制御デバイスのワンチップ化



EOSINT M250

なども造形可能。
金型用レーザー焼結システム。



焼結成形された射出成型用金型



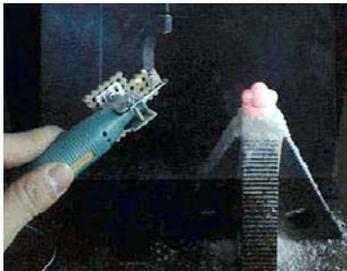
焼結成形された鋳物用砂型

52

生産のデジタル化の将来(3)

● 人間とデジタル世界との連携

- 人間のデジタルモデルの利用(コンピュータ・マネキン)
- 人間へのデジタル情報の効果的な提示手法の実現(VR, AR)



XEONA/大阪大学

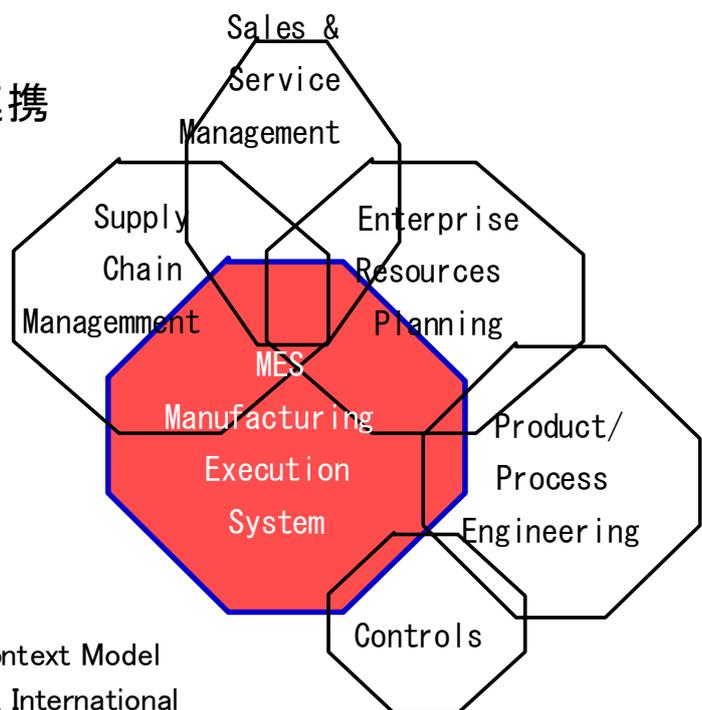


ROBCAD/Man

生産のデジタル化の将来(4)

● 企業情報システムとの連携

ERP(Enterprise Resource Planning),
SCM(Supply Chain Management)などとの
有機的連携による迅速性と柔軟性の
追求



MES Context Model
by MESA International

生産のデジタル化の将来(5)

経済産業省による
デジタルマイスター
プロジェクトの推進



従来型の技能・知識と高度情報処理・通信技術との融合

ものが作れて、モデルも扱える、実一仮想両刀使いの人材が必要！

デジタルマイスタープロジェクト

目的
ものづくりを支える技能と情報通信技術 (IT)とを融合して、製品の設計・製作を高品質、短納期化、低コスト化できるものづくり支援システムの開発を行う。

内容
技能の技術化

データベース・支援ソフトウェア CAD/CAM/CAE システム

設計 (CAD) → シミュレーション (CAE) → 加工 (CAM) → 製品

高速・高精度工作機器開発

不具合、失敗など

更なる技能開拓へフィードバック

目標
製品設計・製作リードタイムの短縮、コスト低減、品質向上→競争力強化

<http://www.nedo.go.jp/iinkai/singi/sangi/1/6.pdf>

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)