

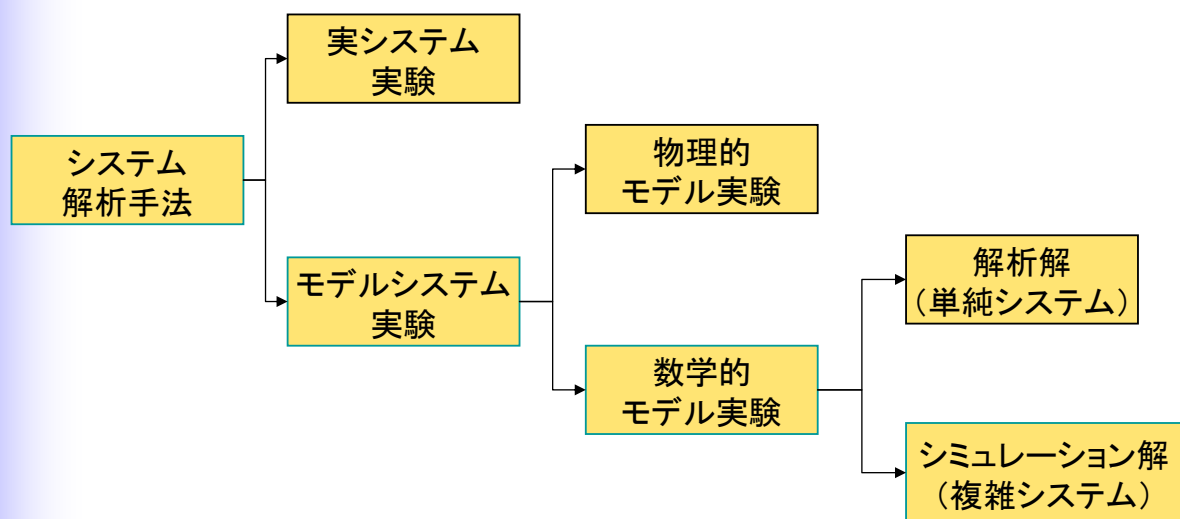
# シミュレーションについて考える

(生産システムを主な例にして)



北海道大学 小野里雅彦 2004-2009 ©

## システム解析手法の分類



- システム解析手法のうち、モデルシステム実験でかつ数学的モデル実験の中で、解析的に解を得ることが困難な複雑なシステムに対する解析手法として、シミュレーションが存在



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)

## シミュレーションとは？

1. imitation or enactment, as of something anticipated or in testing.
2. the act or process of pretending; feigning.
3. an assumption or imitation of a particular appearance or form; counterfeit; sham.
4. Psychiatry. a conscious attempt to feign some mental or physical disorder to escape punishment or to gain a desired objective.
5. the presentation of the behavior or characteristics of one system through the use of another system, esp. a computer program designed for the purpose.

*Random House Unabridged Dictionary*

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)

# シミュレーションとは？

## 【シミュレーション】

対象の振る舞いあるいは操作の結果を、実際の物や現実の対象を用いずに、対象をまねたモデルの分析、検討から推定すること。模擬実験ともいう。

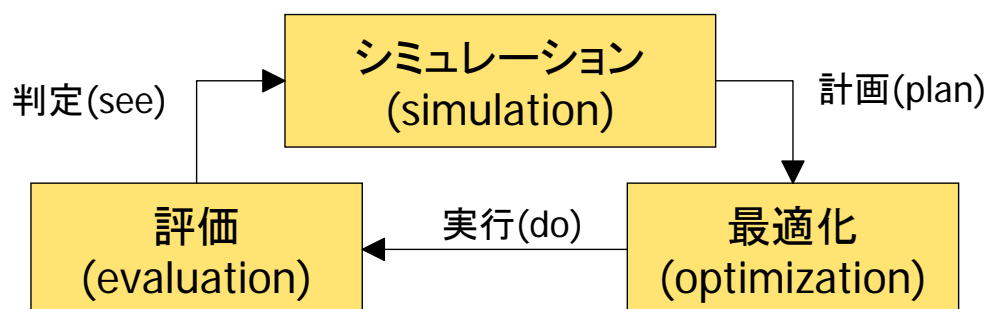
### 実物を使わない理由

- 現実に実現できない(例: 進化のシミュレーション)
- 費用的に有利(例: 射出成形のシミュレーション)
- 試行錯誤が不可能(例: 一品ものの加工シミュレーション)
- 実物では影響が大きすぎる(例: 物流シミュレーション)

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)

# システム工学的アプローチ

- 確定論的シミュレーション(deterministic simulation)
- 確率論的シミュレーション(stochastic / Monte Carlo Simulation)
- 競合シミュレーション(gaming simulation)
- システムダイナミクス(system dynamics)



定量化された目的に対し、複数の代替案の中から最良案を決定

事前評価, 中間評価, 事後評価, 追跡評価など.

パラメータ間のtrade-offを考えて目的関数の極値を求める.

各種の計画法

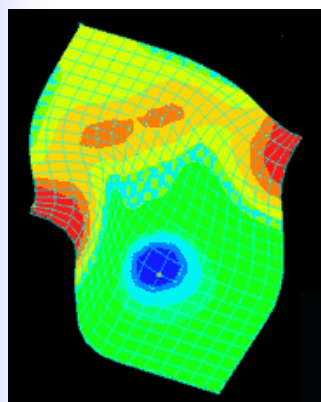
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻  
小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

# シミュレーションの離散系と連続系

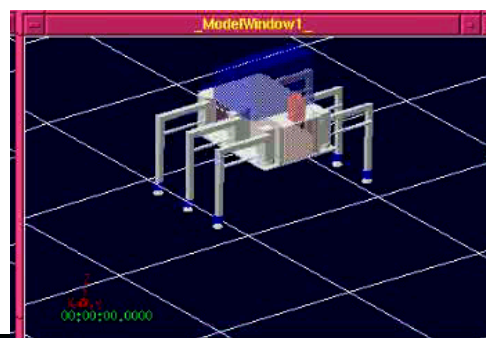
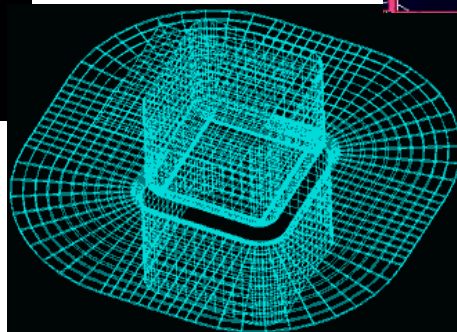
	連続系 シミュレーション	離散系 シミュレーション
対象分野	物理, 化学, 工学, ...	管理, 運用, OR, ...
基本モデル式	微分/差分方程式	論理数学, 統計学, ...
時間要素 (模擬時間刻み)	積分器 (固定時間刻み)	スケジュール表 (可変時間刻み)
出力変数	状態変数	統計量
状態変化	同時/連続的变化	順次/離散的变化
図式表現	ブロック図, 伝達関数	フローチャート, 状態遷移図



## 連続系のシミュレーションの例



ADINA/iSiD



DADS/Plant  
(千葉大 野波研究室)

# 自動車 衝突試験

FULL CAR - MOB, 10/5  
STEP 32 TIME = 6.0000066E-02  
MAX\_VONMISES

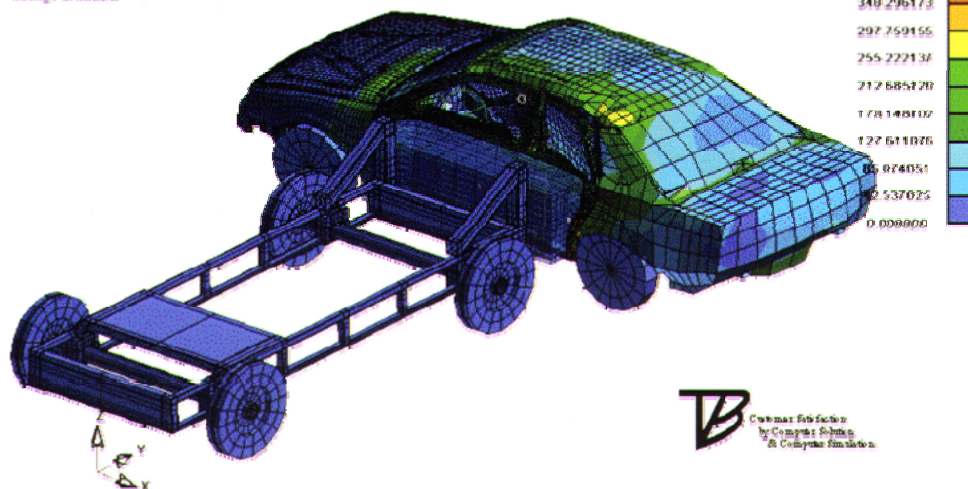


図 3 (図 13) LS-DYNA 解析例 SIDE CRASH

関連情報 トヨタ自動車 安全技術サイト

<http://www.safetytoyota.com/zh-jp/collision-test.html#/prius/technology>

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)

## 離散型シミュレーションの利用目的

- 不確実性を伴うシステムの挙動分析
  - 単純なシステムであっても、確率的変動を伴うとシステムの挙動がどうなるかを予測することが困難
  - 数学的な解析解は、解を求める上での前提条件が厳しい。
- 要素の相互作用によるシステムの挙動分析
  - 複数の要素間の、複雑な相互作用によるシステムの動的挙動を明らかにする。
  - 政策、設計案、運用ルールなどを定めたときに何が起こるのかを評価



# ザ・ゴール “The Goal”

エリヤフ・ゴールドラット著 ダイアモンド社(2001年)

企業の究極の目的とは何か

アメリカ製造業の競争力を復活させた, TOC(制約条件の理論)の原典. 全米で250万部を超えるベストセラーを記録!

日本で出版されると, 世界経済が破滅してしまう!? これまで翻訳が許可されなかった, いわくつきの一冊.

生産管理やサプライチェーン・マネジメントに多大の影響!



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)

## 「ザ・ゴール」の例

エリヤフ・ゴールドラット著「ザ・ゴール」(ダイヤモンド社), pp.135-137  
(物理学者ジョナが工場長のアレックス・ロゴに向かって)

「本当の理由はバランスのとれた工場に近づけば近づくほど, 倒産に近づくからなんだ」

「どの工場にも二つの現象があって, その組み合わせによるんだ. 一つは、『従属事象』と呼ばれる. この言葉の意味がわかるかね. 一つの事象, あるいは一連の事象が起こるためにはその前に別の事象が起こらなければならないという意味だ. 後から起こる事象はその前に起こる事象に依存している. わかるかね.」

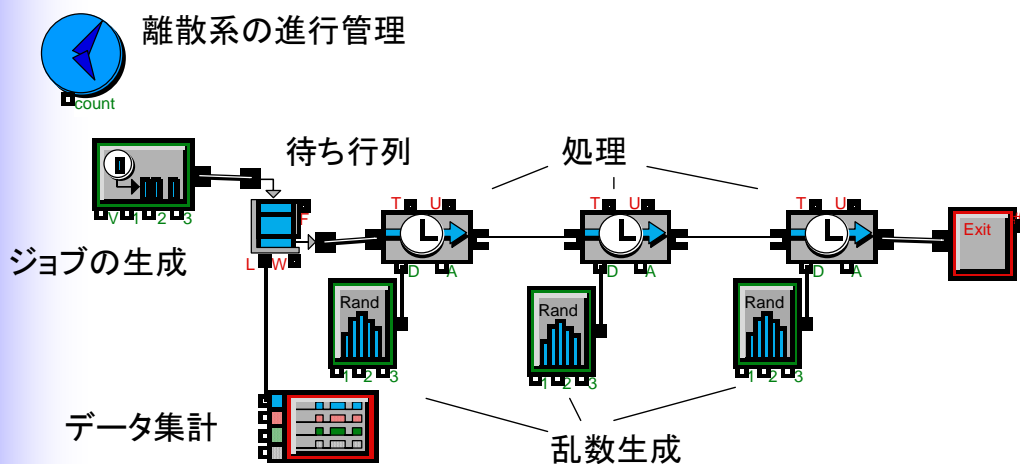
「この従属事象ともう一つの現象, 『統計的変動』と呼ばれるんだが, この二つの組み合わせが重要なんだ. 統計的変動とは, 何のことだかわかるかね」

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)

# シミュレーションによる分析例

- シミュレーションによるテスト  
ジョブの発生, 待ち行列, 処理装置

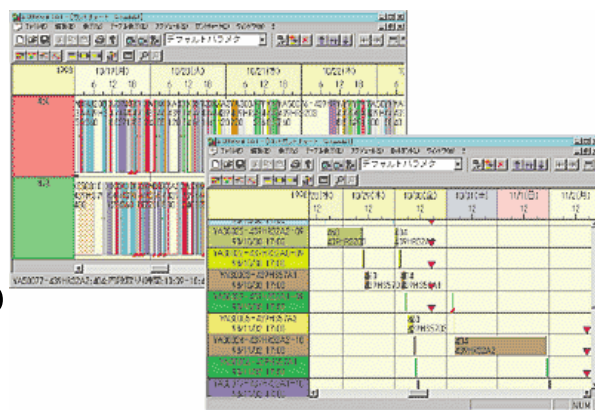
Extend (日本名 ExTD)



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)

# 生産システムのスケジューリング

- ジョブ: 処理すべき仕事  
複数の工程系列
- 機械: (複数の) 工程を決められた時間で実行できる.



ジョブショップスケジューリング問題

ジョブをどの順番でどの機械で処理すれば最適な計画が立案できるか?

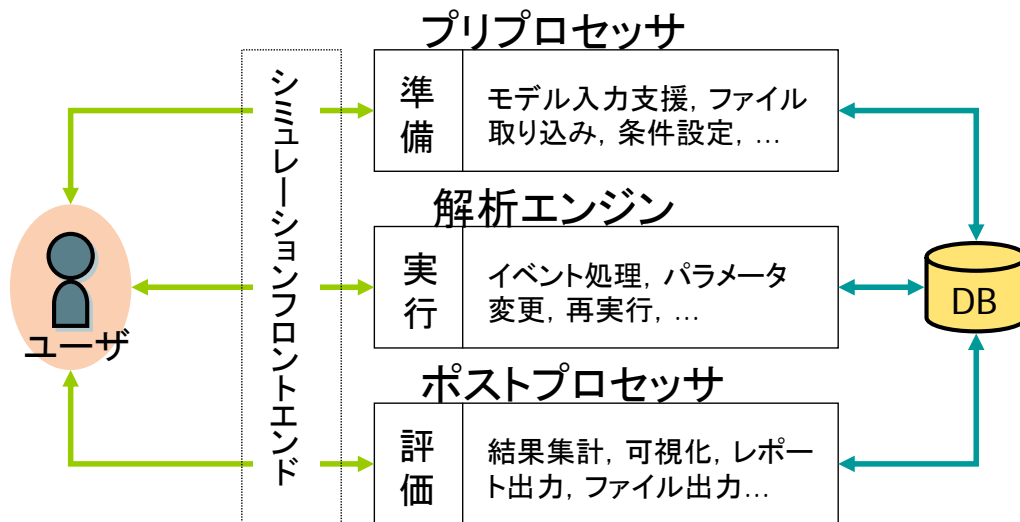
ジョブ全体の所要時間,  
平均遅れ時間最小,

.....

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)

# シミュレーションシステムの構成

- 時間的な順序から見ると、プリプロセッサ、本体（解析エンジン）、ポストプロセッサの3部分から構成。



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)

# 離散型シミュレーションの基本要素

- 事象ルーチン

事象が発生したときに、システムがいかにか状態を変化させるかの仕組みを一定のルールで記述したもの

- 事象カレンダー(事象表, イベントテーブル)

将来発生予定の事象を、予定時刻順にならべたもの

- 事象処理ロジック

発生予定の事象を事象カレンダーから時刻順に取り出して、取り出された事象に伴うシステムの状態変化を事象ルーチンの実行により起こして、シミュレーションの進行を司るメカニズム

- シミュレーションクロック

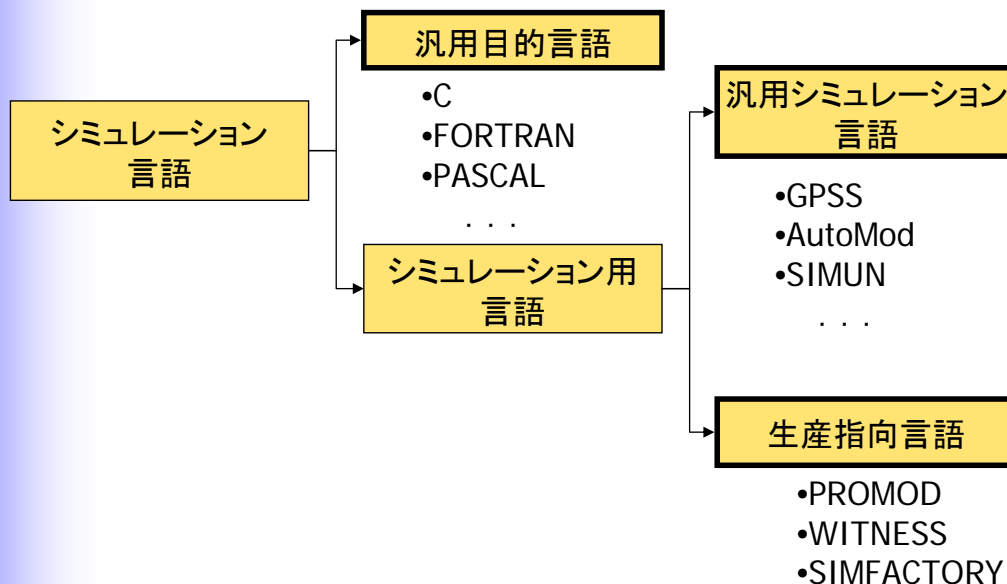
シミュレーションモデル上での現在時刻

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)



# シミュレーション言語の分類

- シミュレーションの開発に用いるソフトウェアシステムは、その目的に応じて以下の3つに大別される。



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)

# 離散系シミュレーションの処理方式

## ■ 事象スケジューリング方式

部品の到着，機械故障の発生などの事象の発生予想時刻の集合に対する処理を行う。シミュレーション時刻は事象発生時に限られる。

## ■ プロセス記述方式

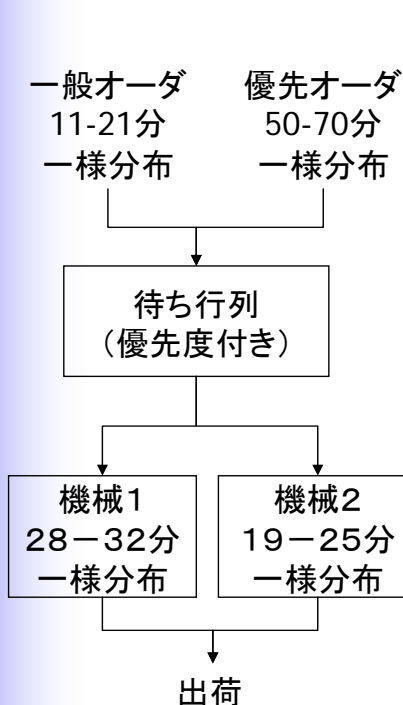
加工ステーションなどのプロセスの集合でシステムを記述し，そこを移動する加工物を記述すると，シミュレーション用ソフトウェアが適切な事象系列に変換する。

## ■ アクティビティ走査方式

システム内の個々のアクティビティの起動，停止に必要な条件を定義する。シミュレーション時間は等間隔ステップで進められ，そのたびごとにアクティビティの起動，停止条件を走査し，所定のシーケンスを実行する。

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)

# シミュレーション言語(GPSS)による記述例



```

SIMULATE
1 TABLE M1,15,5,20
2 TABLE M1,15,5,20
GENERATE 16,5
ASSIGN 1,1,PH
TRANSFER ,SERV
GENERATE 60,10,,,1
ASSIGN 1,2,PH
SERV QUEUE 1
TRANSFER BOTH, OTHER
SEIZE 1
DEPART 1
ADVANCE 30,2
RELEASE 1
TRANSFER ,TERM
OTHER SEIZE 2
DEPART 1
ADVANCE 22,3
RELEASE 2
TERM TABULATE PH1
TERMINATE 1
START 100
END
    
```

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)

# シミュレーションにおける3次元情報の利用

## 3次元モデル & CGの普及

→ シミュレーションに対する3次元情報の活用

### ■ アニメーション利用

シミュレーションの実行の状況をわかりやすく表示. 実行時に表示するインプロセス型と終了後に再生表示するポストプロセス型がある. ロジックには影響を与えない.

### ■ レイアウト利用

モデルを用いてフロアでの機器の配置を行い, そこから接続関係や経路長など, 移動の制御と時間評価に必要な情報を抽出する. 主に寸法と位置・姿勢を利用. ロジックには静的に影響.

### ■ 挙動計算利用

運動に伴う干渉や衝突など, 形状とその位置・姿勢の情報を利用. シミュレーションのロジックに動的に影響.

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)

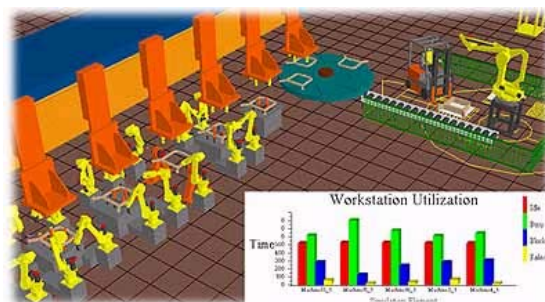
# アニメーションのメリット&デメリット

## 【メリット】

- モデルのデバッグが行いやすい
- システムの動的挙動の理解を支援
- 運転知見の修得が容易
- 意思決定者との情報交換として有効

## 【デメリット】

- モデルの開発時間の増大
- ソフトウェア価格の上昇
- 全体挙動の把握の困難
- 統計的なデータ提示の不可

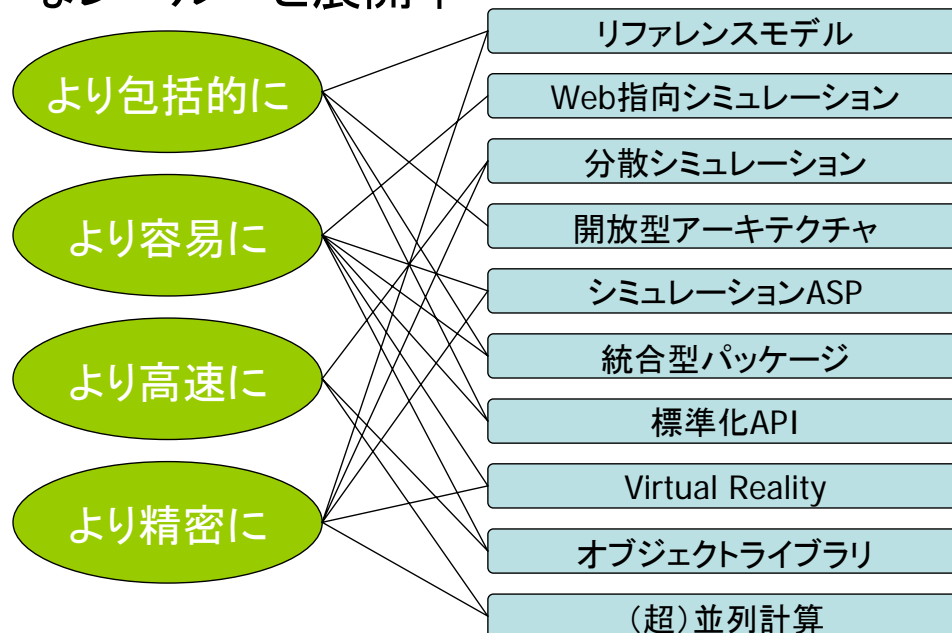


QUEST/DELMIA

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)

# シミュレーションの動向

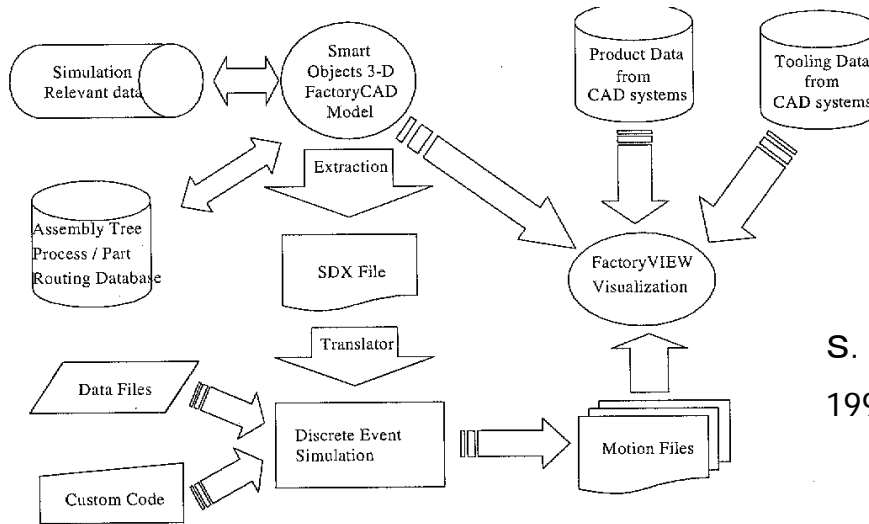
- 新しい情報処理技術を導入して、より高度なレベルへと展開中



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)

# SDX (Simulation Data Exchange)

- CADで作成されたレイアウトのデータをシミュレータで利用可能とするためのデータ交換形式 (EAI & Ford)



S. Moorthy, EAI

1999 WSC

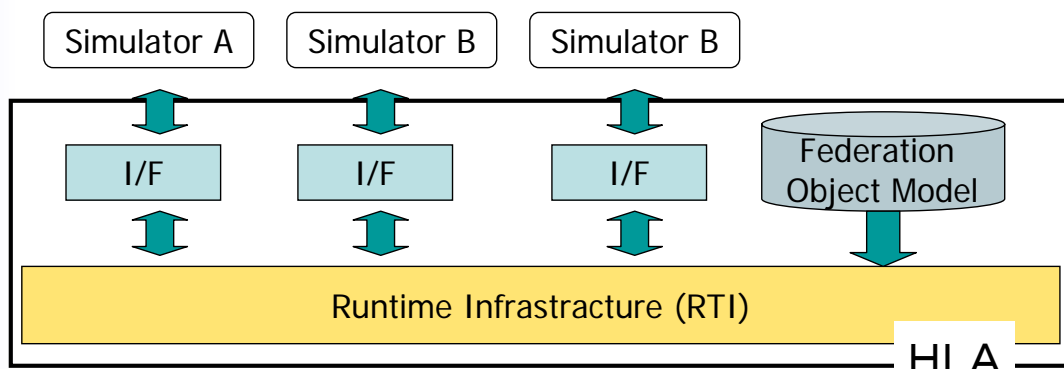
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻  
小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

# HLA : 分散シミュレーションの基盤技術

M&S HLA (Modeling and Simulation High-Level Architecture)

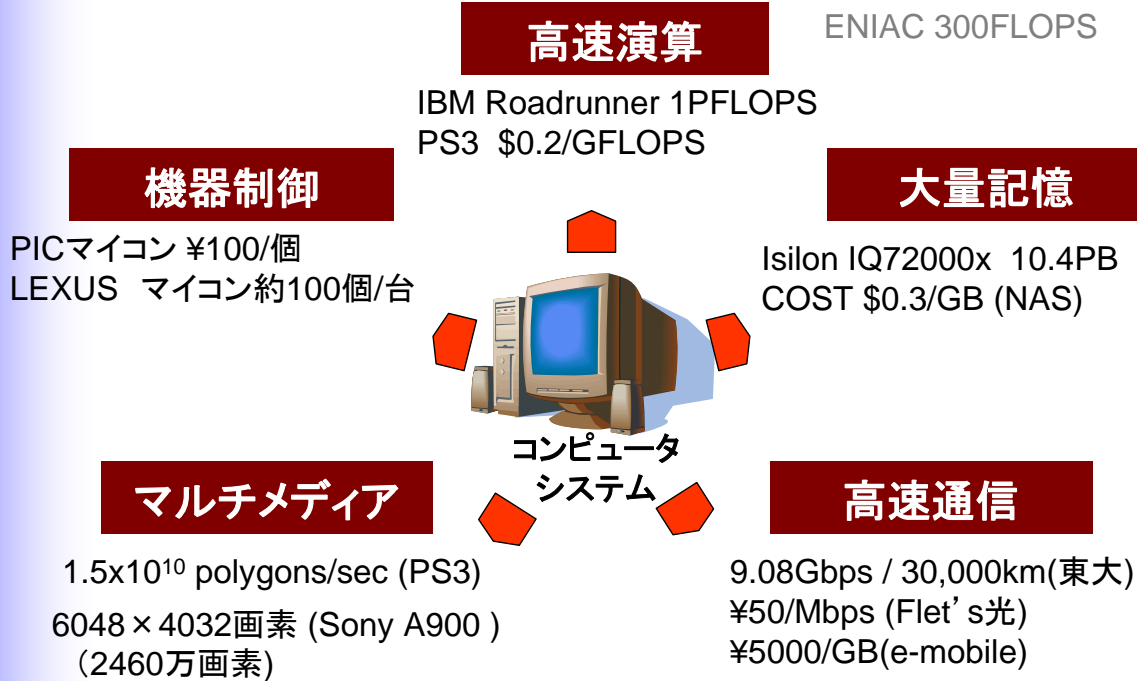
1995年以降, 米国国防総省で開発されている分散シミュレーションのための仕組み

- HLAに接続されたすべてのシミュレータの同期を管理するRTI
- シミュレータをRTIに接続するためのI/Fを提供
- シミュレータ間で受け渡されるオブジェクトを定義するデータモデルを提供



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)

# コンピュータシステムの機能の飛躍的拡大



## 46年前のコンピュータ

### CG&CADの先駆け: SKETCHPAD

Ivan E. Sutherland MITでの博士論文(1963)

Sketchpad: A Man-machine Graphical Communications System

コンピュータ: TX-2

9インチCRT

ライトペン

スイッチボックス

320KBメモリ

0.05MIPS

そしてコンピュータ

は部屋一杯のサイズ

