

# 数値解析のためのデータ統合

堀宗朗

東京大学地震研究所  
海洋技術研究開発機構

## 統合解析



### ◆都市の丸ごと地震シミュレーション IES (Integrated Earthquake Simulation)

- 地震動・地震応答・被害対応の数値解析の統合
- 地震動・地震応答・被害対応の都市モデルの自動構築

### ◆IESの概要

- 数値解析手法を統合するために、レイヤ構造を採用
- 都市モデルを自動構築するために、複数のデータリソースから都市モデルに必要なデータを抽出するプログラムを開発

偏微分方程式を解く「科学計算」だけではなく、モデル構築・可視化のようなデータ処理を含む「システム計算」を重視

# IESの基幹技術

## ◆ 数値解析の結合 (coupling)

例: 流体と固体の二つの数値解析の連成

流体と固体を一体として解く場合, 密結合 (tight coupling)

流体を最初に解き, その解を使って固体を解く場合 (またはその逆の場合), 疎結合 (loose coupling)

## ◆ 数値解析統合

- レイヤ構造要素の疎結合

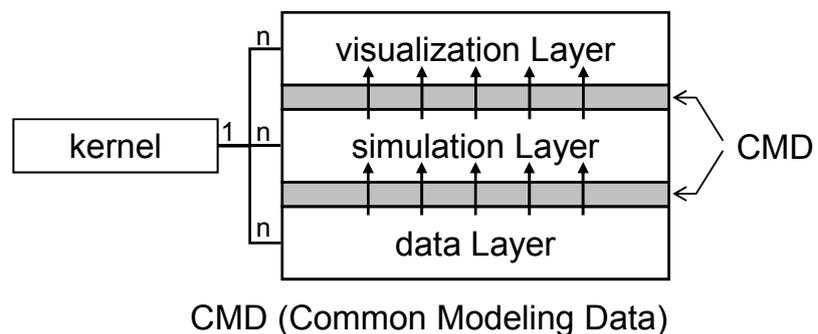
## ◆ モデル自動構築

- データの疎結合

# IESの数値解析統合

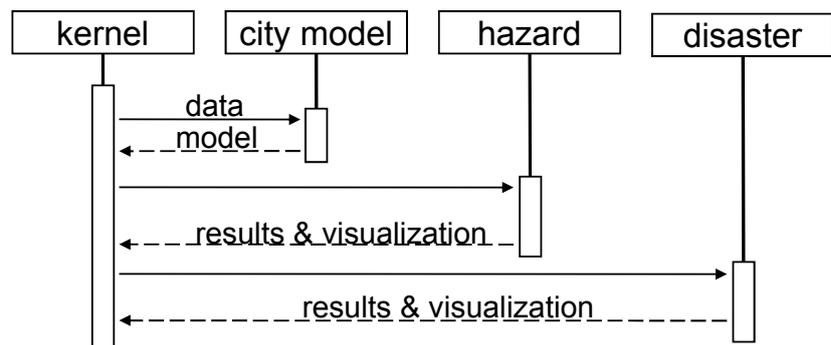
レイヤ構造 (データ・解析・可視化層)

- 各層は疎結合
- 疎結合にCMDを利用



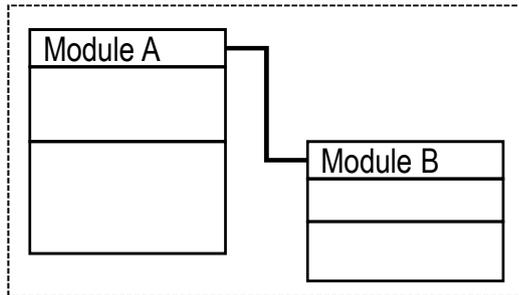
ポイント

各層が多数の要素で構成. 二重のデータ変換が必要となるものの, 疎結合にCMDを使うことで, データ変換のプログラムの効率的開発が可能.



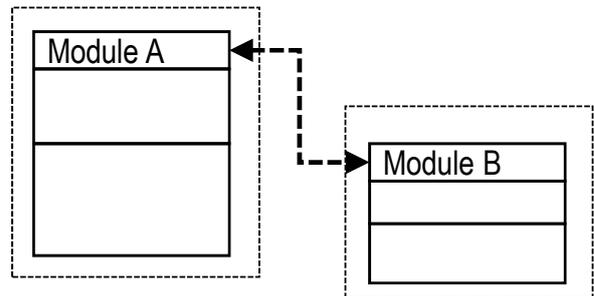
解析レイヤにある要素とカーネルの間のデータの受け渡し

# 密結合と疎結合：ソフトウェア



## 密結合の例

- AとBのデータが「同期」
- AとBの「通信」は高速



## 疎結合の例

- AとBはデータをやり取り
- AとBの「通信」は低速

## メリット

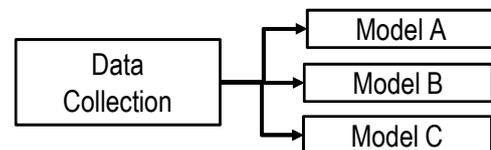
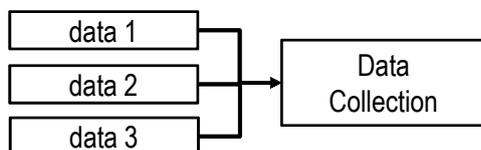
- |      |                |
|------|----------------|
| 互換性  | 通信のモジュールは互換    |
| 拡張性  | 多数のモジュールを独立に結合 |
| 作成分担 | モジュール毎の作成可     |

## デメリット

- |    |          |
|----|----------|
| 結合 | 通信の作成が必要 |
|----|----------|

# IESのモデル自動構築

## 都市モデルの手動構築は不可能

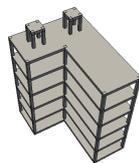


## データの解釈と統合

## データからモデルへの変換

### データリソースとデータ

- 3D地図の事物形状データ
- 行政データリソースの事物属性データ

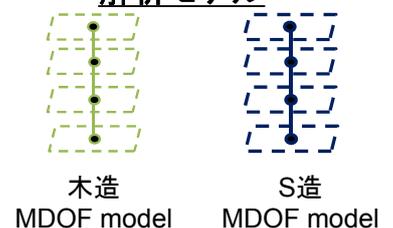


### データコレクション

- 幾何形状
- 構造形式
- 築構造年
- 階数
- 床面積
- 住所・地番・位置



### 解析モデル



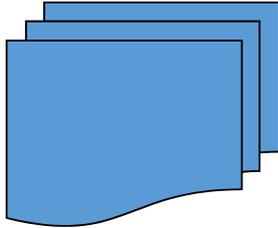
データの解釈と、異なるデータリソースにあるデータの関連付け

CMD形式

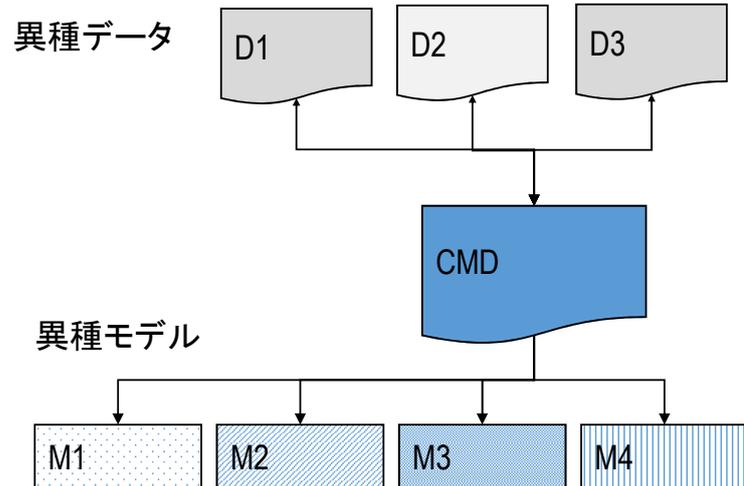
ミスのない堅牢性と多様なデータに対応する柔軟性の高い変換

# 密結合と疎結合：データ

密結合(?)  
フォーマットの統一



疎結合  
異種フォーマットのデータから統一  
フォーマットのデータを自動作成



## 神戸市：自動構築された都市モデル

### ◆ 地盤モデル

- 地震動 1次元 (→3次元モデル作成予定)
- 液状化 1次元

### ◆ 構造物モデル

- 建物 非線形バネ-質点系 (フレームモデル作成可)
- 埋設管
- 橋梁 阪神高速

### ◆ 津波モデル

- 津波侵入 2次元 (3次元シミュレーション用解析モデル作成可)

避難・交通シミュレーション用のモデル

# ボーリングデータと地盤モデル

ボーリングデータ

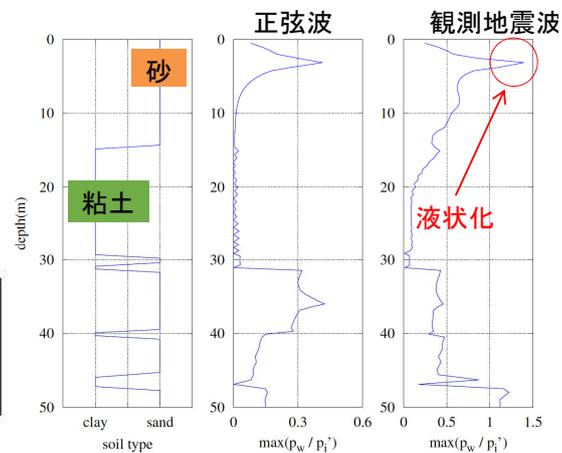
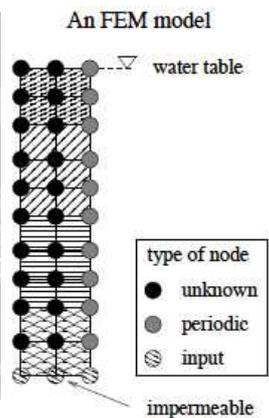
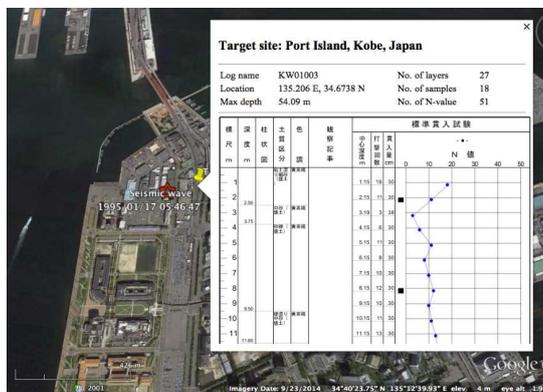
地盤の層厚と種類

地下水位置

地盤モデル

地盤： 層厚, 材料特性

地下水：水頭



ボーリングデータの例

自動構築された地盤モデル

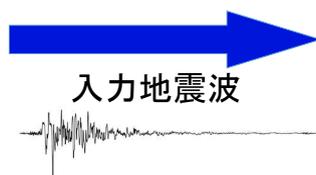
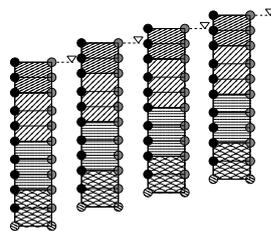
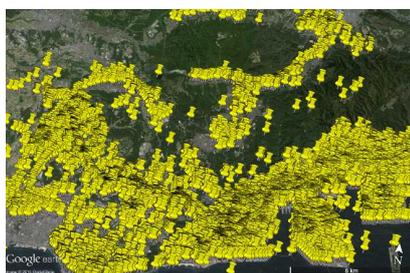
最大水圧

地盤モデルの不確定性を考慮すると、一つのボーリングデータに多数の地盤モデルを使う液状化シミュレーションを行い、「液状化発生の確率」を判定することが理想

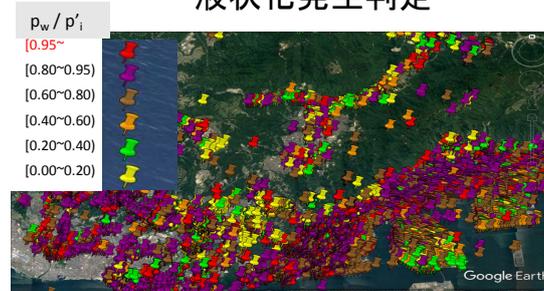
## 液状化シミュレーション

10000本強ボーリングデータ

ボーリングサイト毎に  
解析モデルを構築

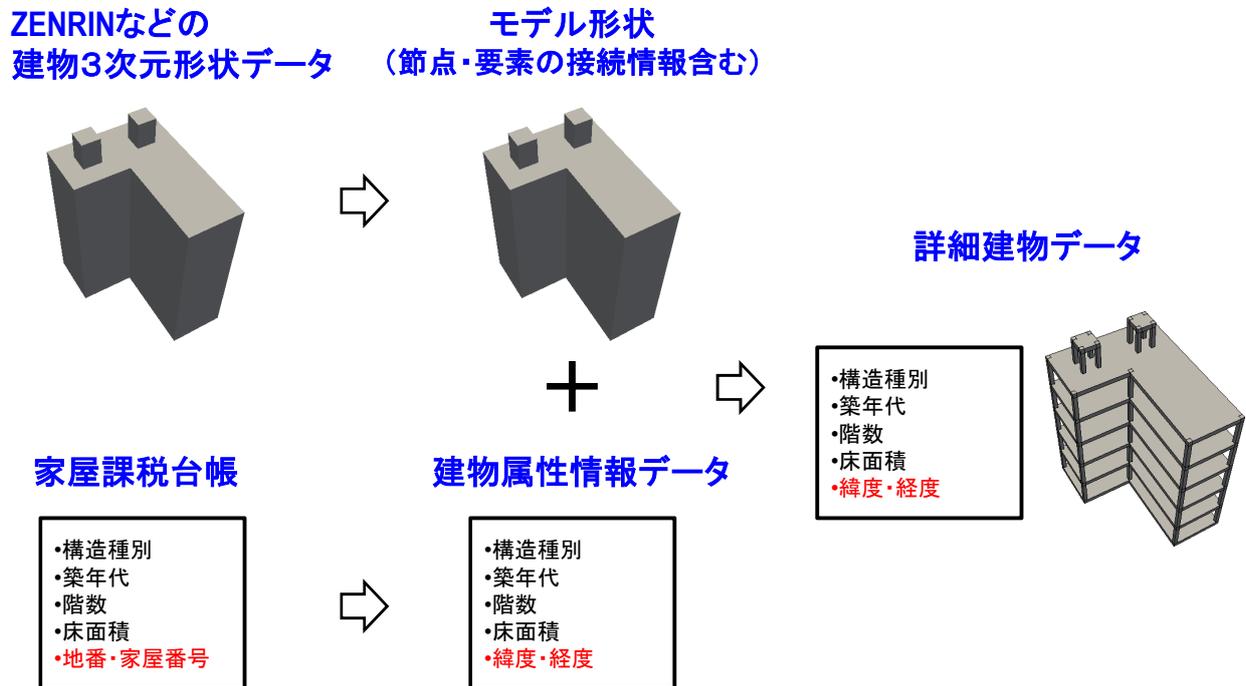


液状化発生判定

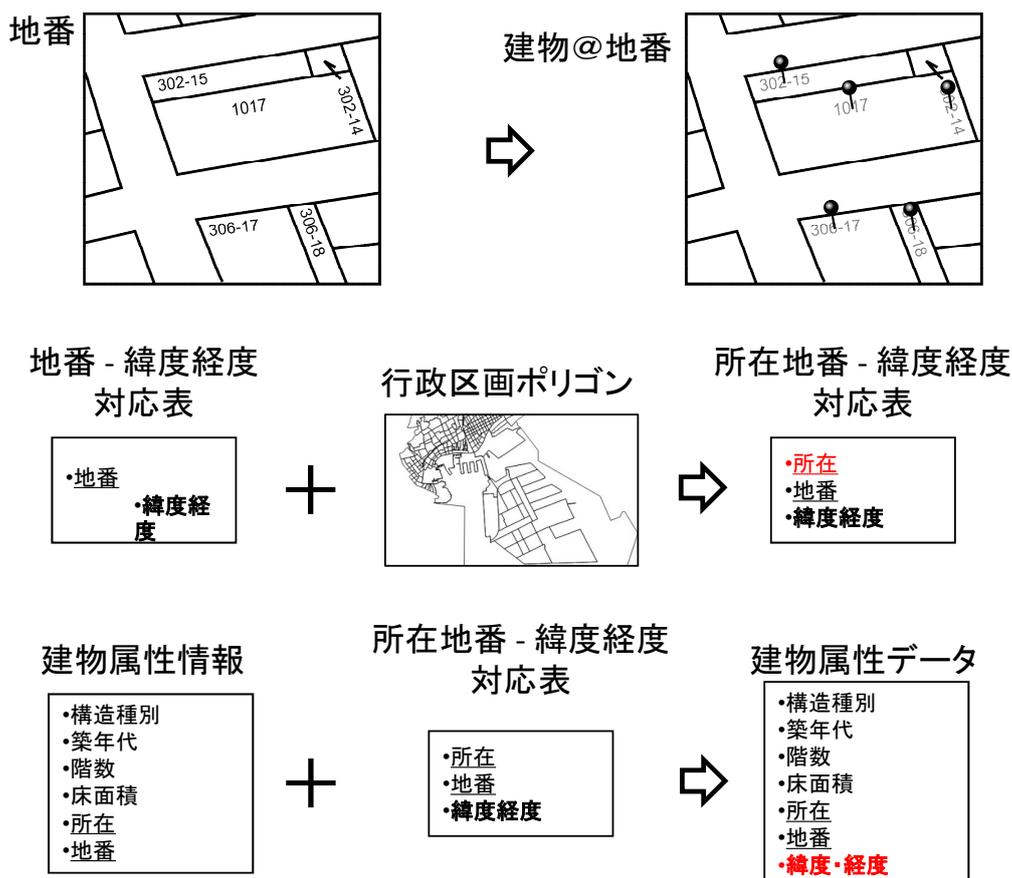


「京」の1,000計算ノードを使うことで、10,000カ所の液状化シミュレーションを1時間未満で実行

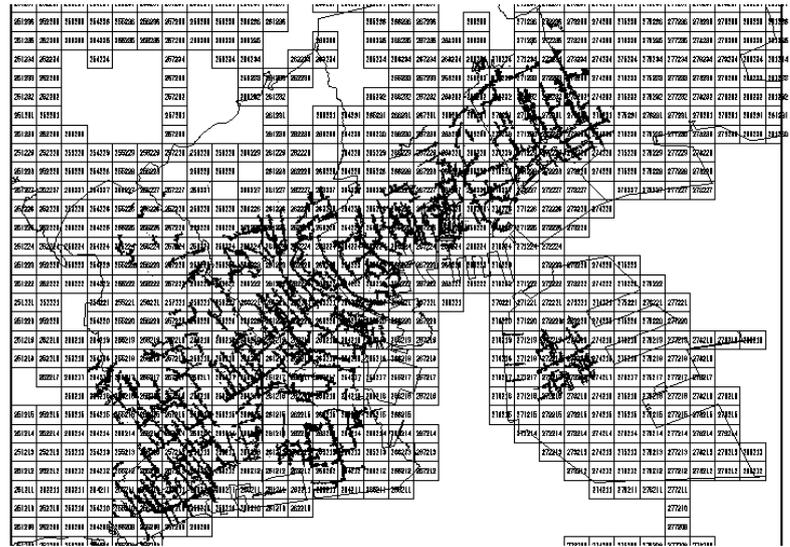
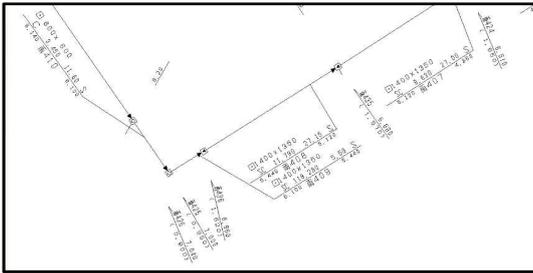
# 詳細建物データ生成の概要



## 地番参考図の判読



# 埋設管

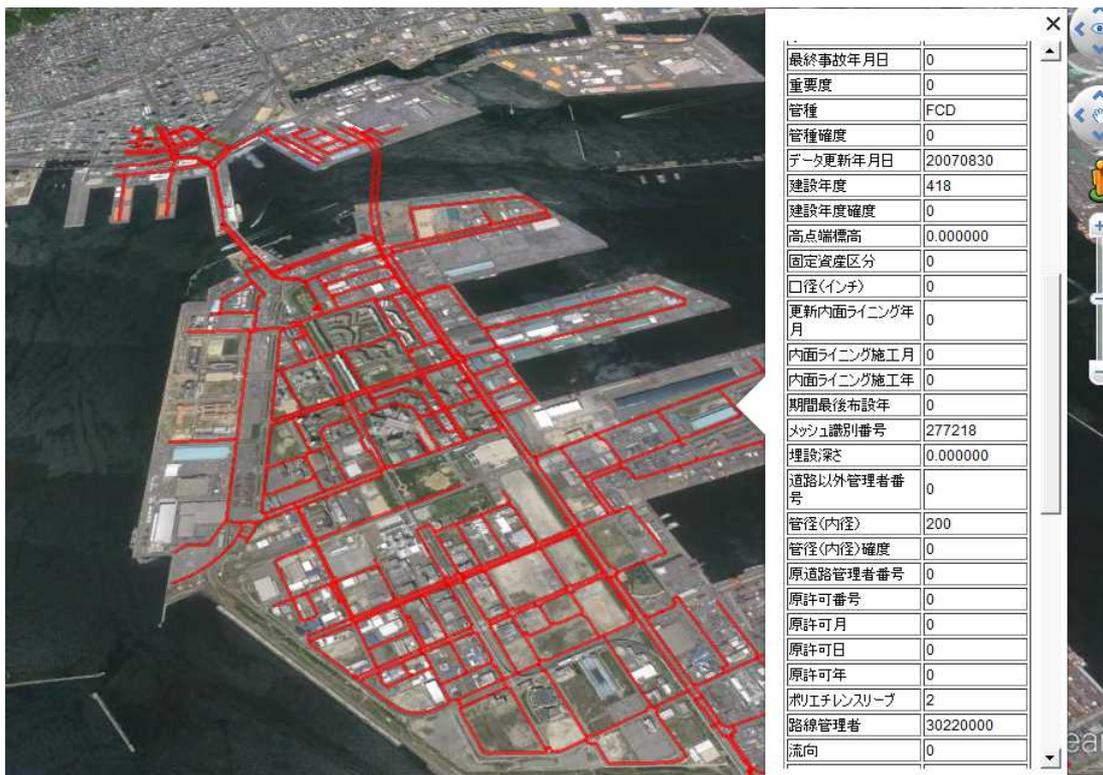


Difficulties of data conversion

- CAD based
- non-digital data for symbols
- different files for configuration and attribute
- possible error in identifying lifeline segment

MT Data Conversion Format

# 埋設管



# 避難・交通シミュレーション

二つのモデルの併用

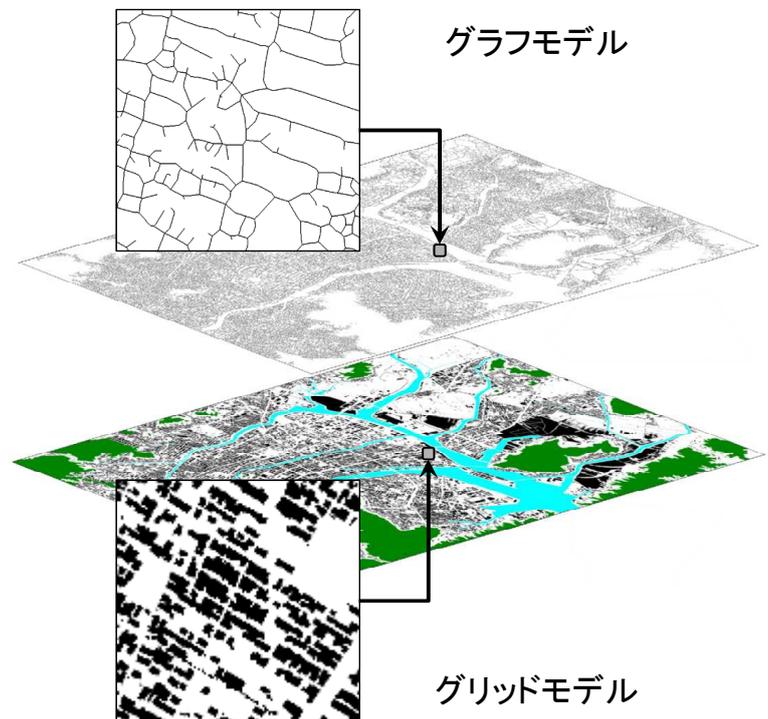
- グラフモデル  
エージェントの経路選択・経路記憶に利用
- グリッドモデル  
エージェントの減速／加速, 追越／停止に利用

グラフモデル

構造物損傷がない経路

グリッドモデル

経路の詳細形状をモデル化



## おわりに

### ◆ IESの経験

- 地震動から被害対応の地震シミュレーションという目的を達成するために、解析モデルをどのように自動構築するかを考案
- 解析モデルの自動構築のために、データ統合の具体形を考案し、その上でシステムを設計

### ◆ インフラデータプラットフォームの構築

- 目的の明確化: 顕在・潜在利用者, 利用の仕方, 頻度, 効率等
- 目的を達成するためのシステム設計
  - 扱うデータの規模
  - 工数の算定
  - システムの維持管理
- 国道RC橋脚を嚆矢とし, 順次, 他の構造物に展開