



センサネットワークと サステナブル構造システム

三田 彰

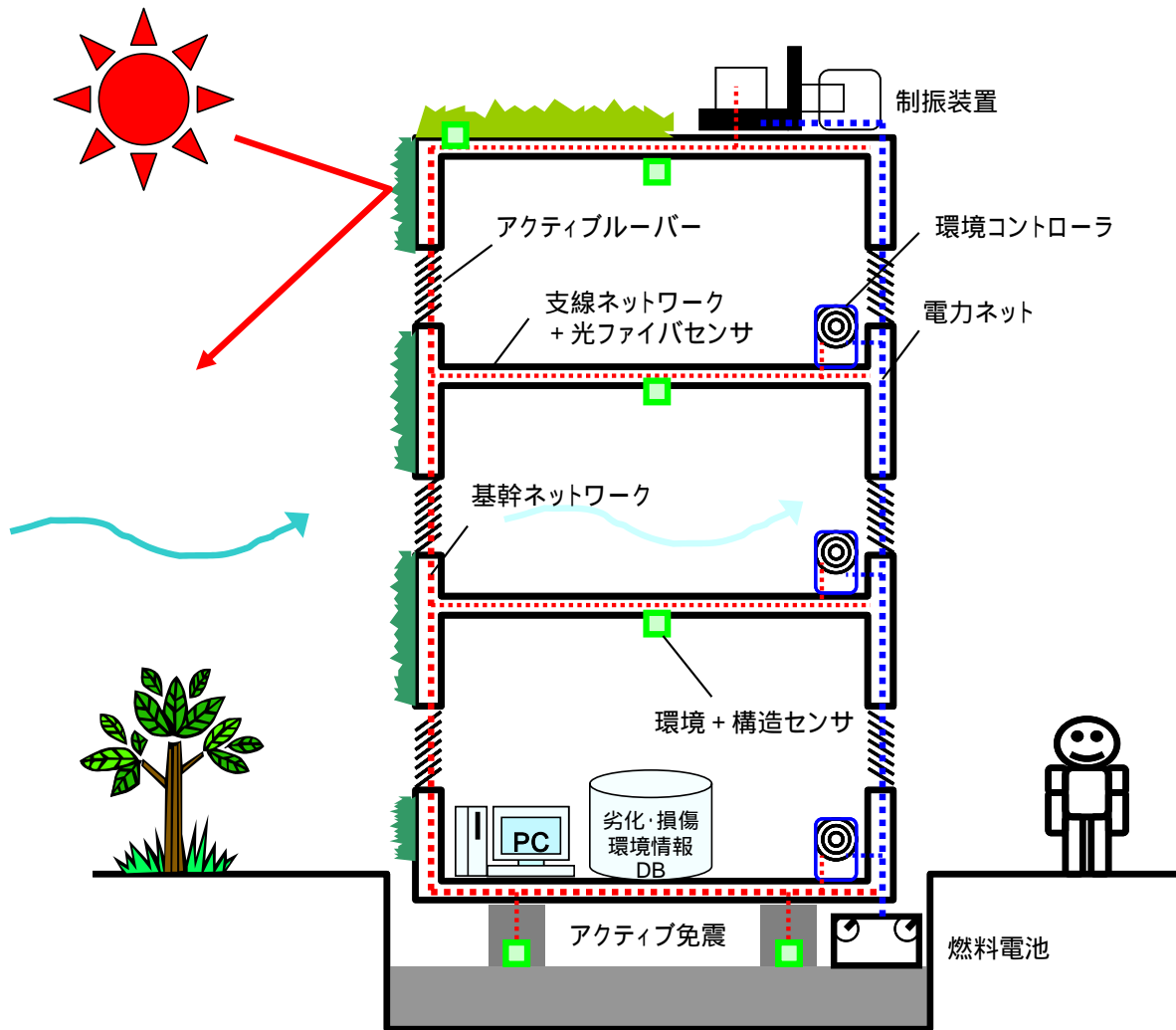
慶應義塾大学理工学部
システムデザイン工学科

ユビキタスセンサーネットワーク技術に関する調査研究会WG2

サステナブル構造システム

- 環境、安全、社会、経済、すべての面で持続可能な構造システム
 - 許容範囲内のエネルギー使用、有害物質排出
 - 許容範囲内の危険度
 - 冗長性、可変性があり用途変更容易
 - メンテナンスコスト、解体コストまで含めたライフサイクルコストが低い
- 許容範囲内のリスク

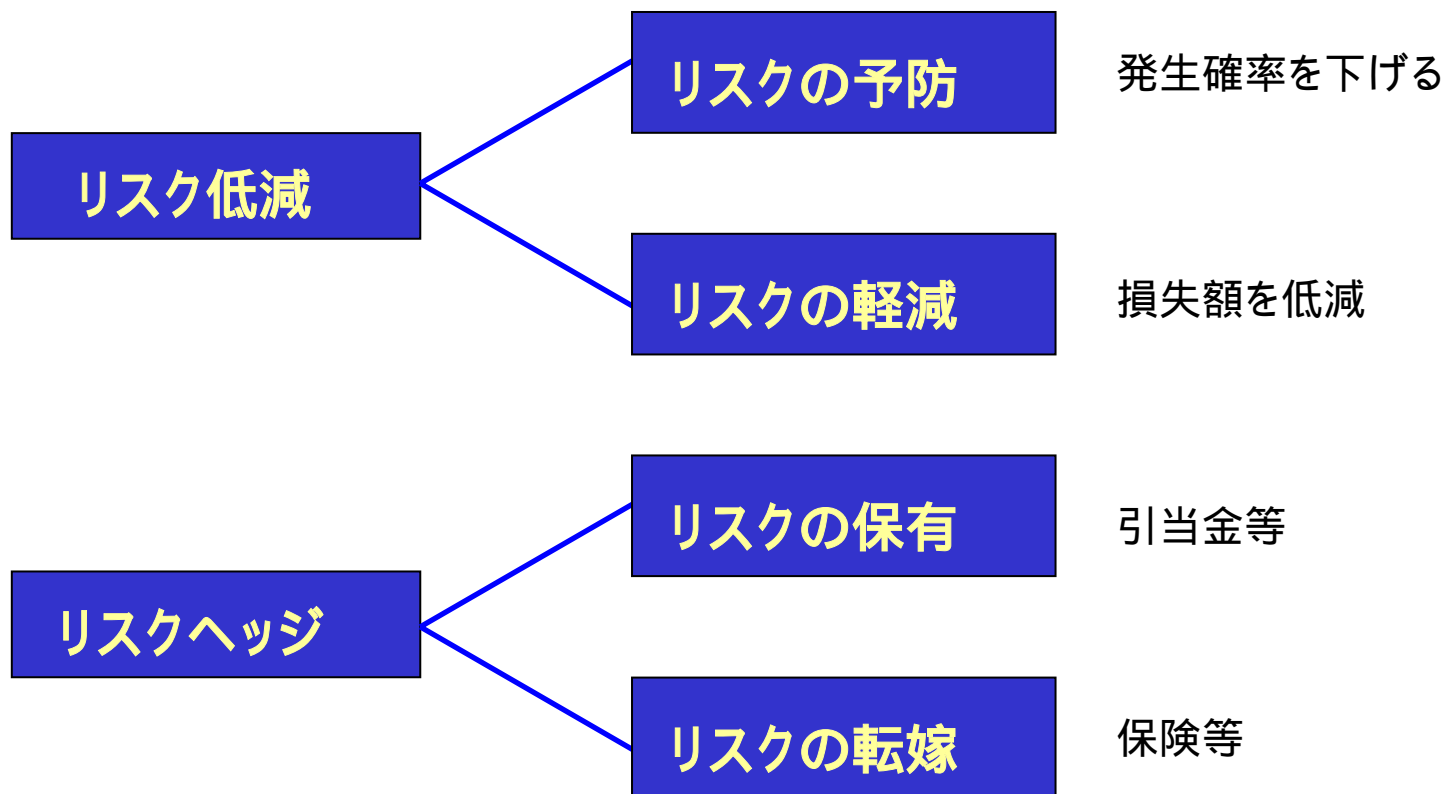
サステナブル構造システム



建築・都市のリスク例

- 地震リスク
 - 自然災害危険度ランキング1位は東京(ミュンヘン再保険)
 - 発生確率低、損害額大 **制御困難**
 - 米国で年間損害期待値5千億円強
- 損傷劣化リスク
 - 発生確率高、損害額大、予測精度低 **不適格な制御**
 - 急激な劣化は未体験領域
- 交通事故のリスク
 - 発生確率高、損害額大 **制御されていると社会的には認知**
 - 日本の年間損害額3兆4,368億円(2000年度)
- 社会経済的リスク
 - 中心部のスラム化
 - 人口減少

リスク制御の方法





リスクに基づく設計の基本

- 許容できる範囲までリスクを低減した設計
 - たとえば航空機の事故確率
 - 安全と信頼性(耐久性)のみではなく社会、環境、経済のリスクも包含
 - 社会的受容度によって許容値は変動
- 残存リスクはヘッジ
 - 保険
 - デリバティブ

リスクに基づくメンテナンス

- 許容される範囲のリスクに収まるような最適なメンテナンス
- 定量的で正確なリスク評価が可能であることが条件
- 結果的に大幅なコスト削減が可能
- 裏返せば収益最大化
- 合理的な環境負荷削減も可能となる



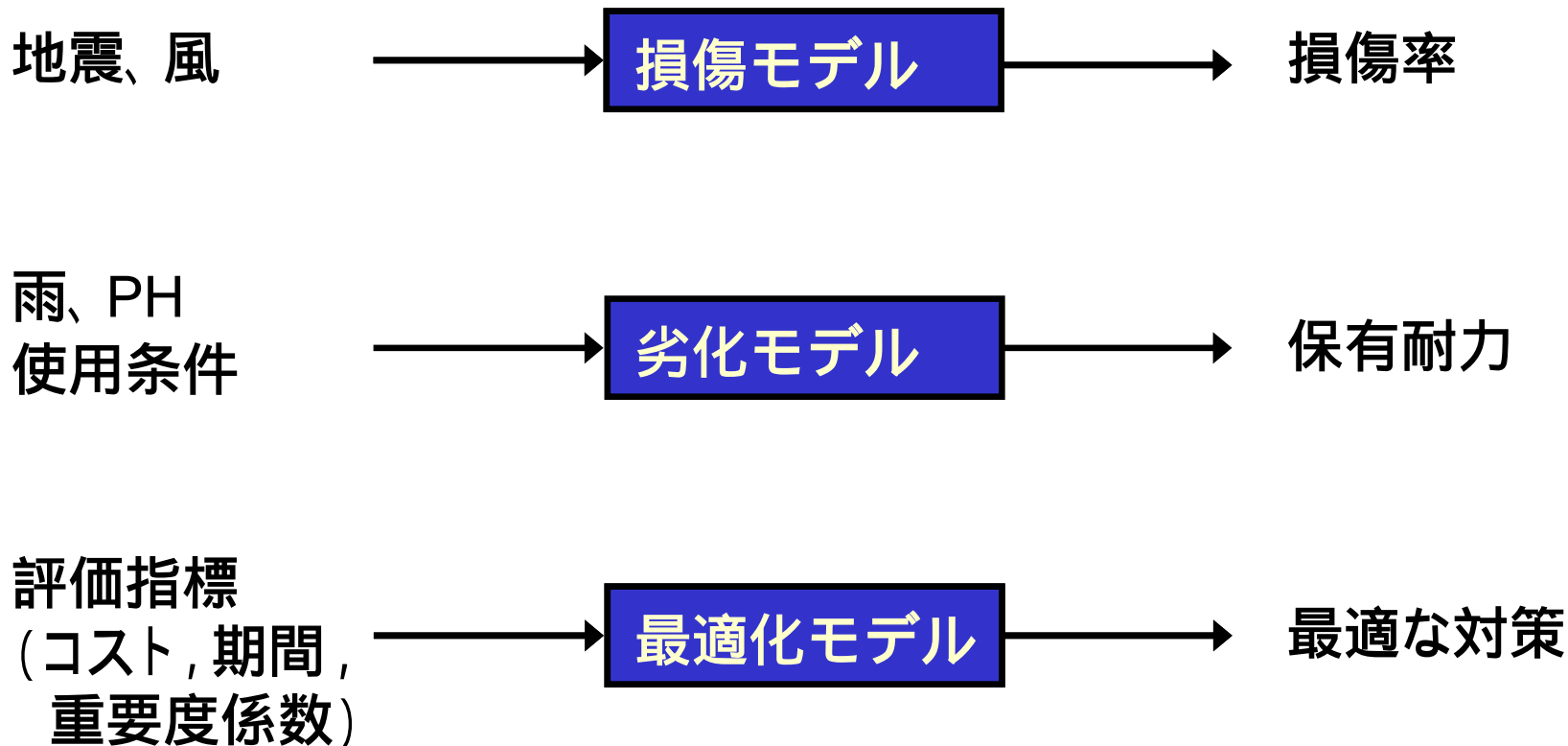
サステナブル構造 = 長寿命？

- 生物に多様性を構造物に
- 個々の構造物に最適な寿命
- 長寿命より、健全な期間の割合増加
- 用途変化に応じた可変性
- ただ長生きではなく、健康寿命をより長く

これまでの構造システムは？

- 安全面でのリスクが正確にわからない
 - 損傷のシナリオが多く予測困難
 - 実耐力と設計耐力に大幅な乖離
- 社会面での冗長性が確保されていない
 - コンバージョンが困難
- 初期投資のみが重視されている
- 環境面の配慮はほとんどされていない
 - 予測精度が極端に低い モデル精度が低い

精度の高い定量化モデルが必要



センサネットワークの役割

- 正確なリスクにかかわる情報を常時取得し、モデルの精度を向上するモニタリング
 - 実構造物の入出力を正確に把握
 - モデルの同定・検証
 - カルテ(データベース)の自動構築
 - 実環境での外部入力、応答、性能変化の把握
 - 外部環境と代謝機能の把握
- 進化(フィードバック)のスピードアップ
- リスク算定根拠の提供

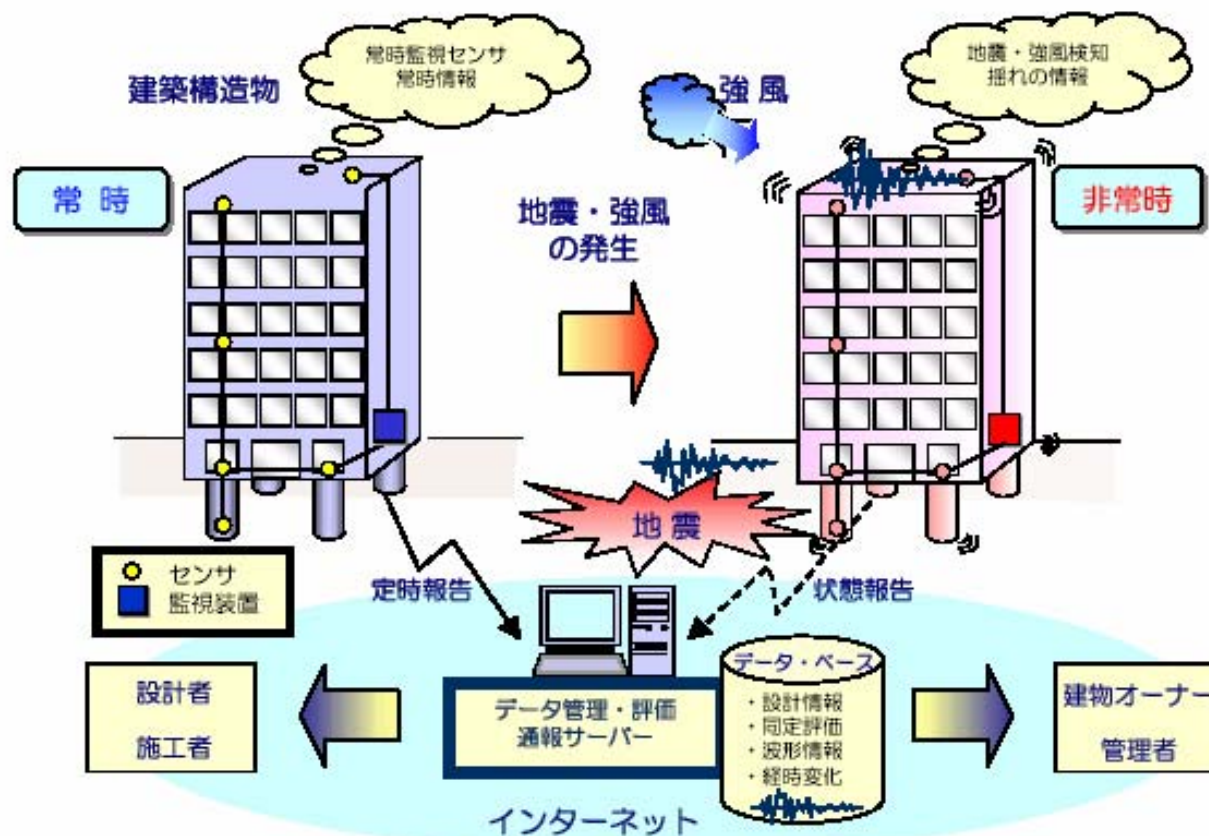
都市・建築に適したセンサ

- 耐久性が高く埋め込み可能
 - 光ファイバセンサ
- 電源不要のセンサ
 - 損傷インデックスセンサ
- ローカルな状況検知に適したセンサ
 - アクティブ超音波センサ
- ネットワーク化センサ
 - デジタル&ワイヤレスセンサ

制振システム保証用光ファイバセンサ



実証システム(慶應大学来往舎)



慶應大学来往舎と損傷インデックスセンサ

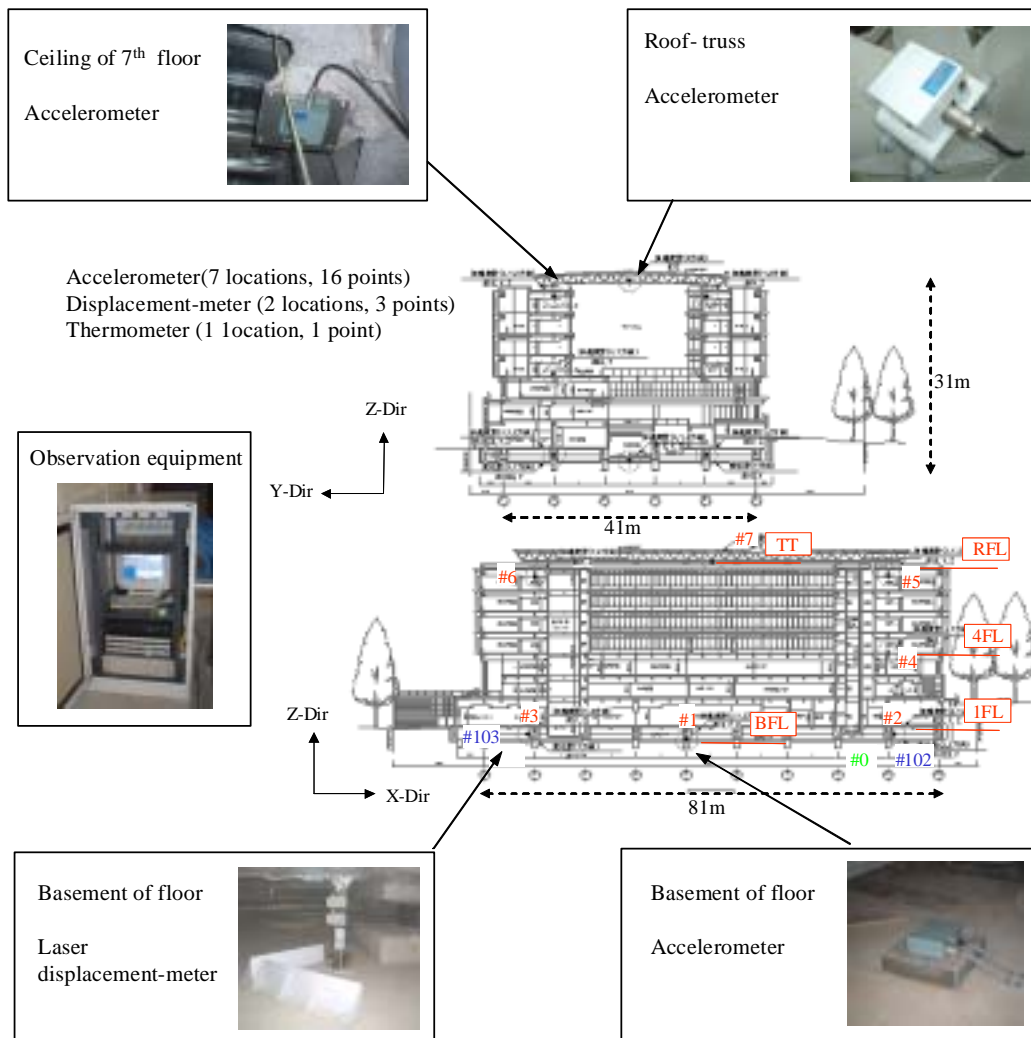


来往舎外観

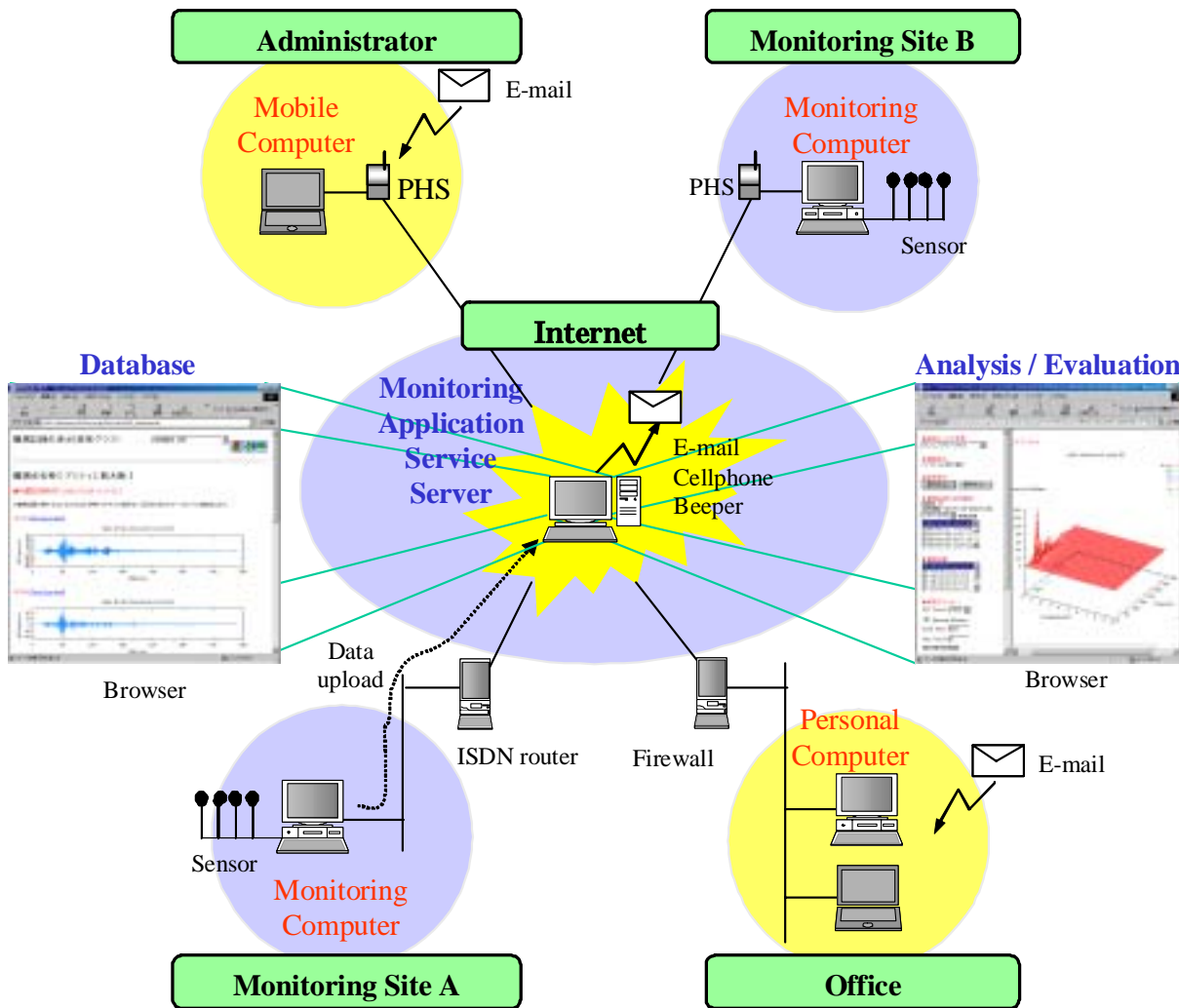


免震装置と損傷インデックスセンサ

設置されたセンサの配置図



実証用システムのネットワーク



センサに基づく診断手順

データ
取得

クレンジング
信号処理

システム
同定

特徴
ベクトル

損傷
評価

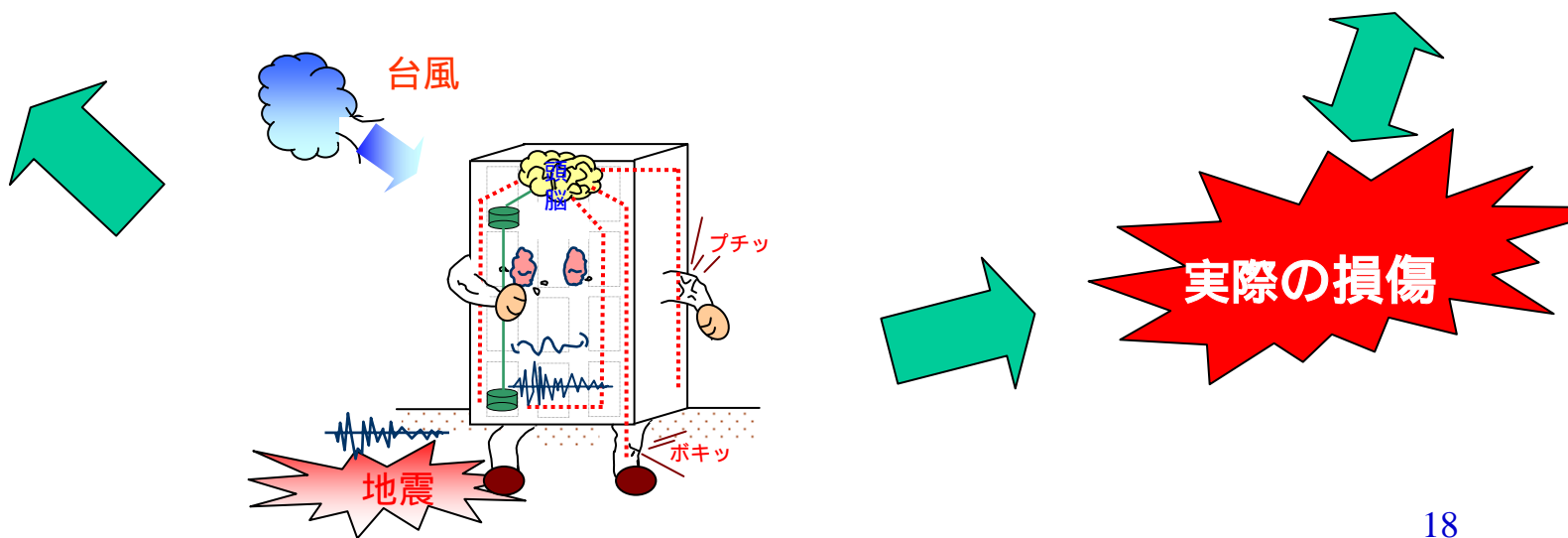
スマートセンサ
光ファイバセンサ

アナログ・デジタルフィルタ
ウェーブレット

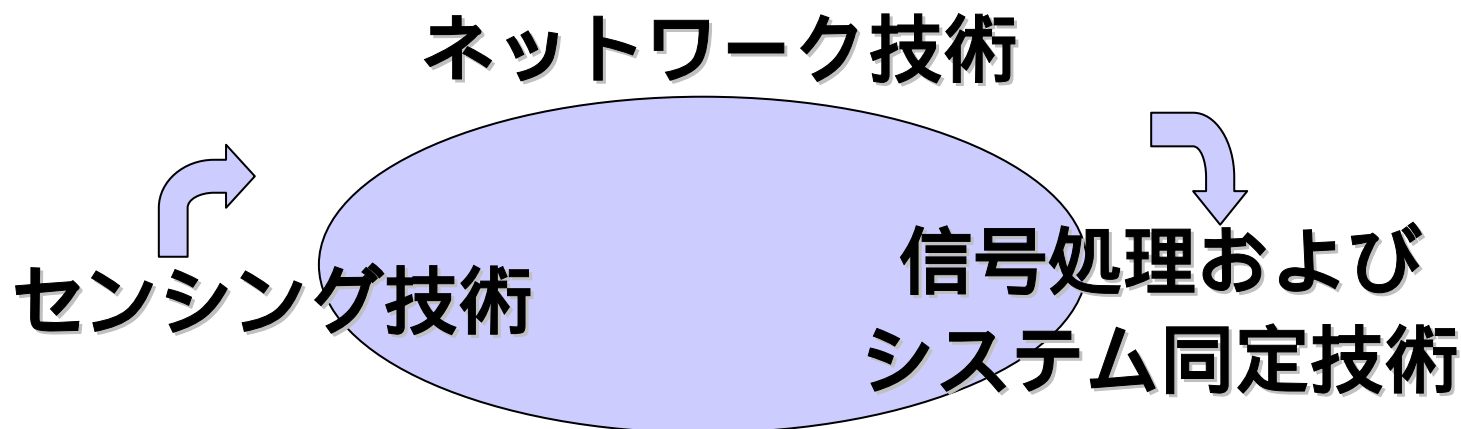
部分空間法
並列処理型同定

モード情報
状態空間パラメタ

サポートベクトルマシン
ニューラルネット



喫緊の課題



- データの爆発
- 症例不足
- 専門家でも判断が困難



自動診断、分散処理

センサネットワークに必要な機能

- GRID技術等を用いたデータマイニング
- メタデータの標準化
- 大量データの自動データベース化
- 複数拠点のセンサ、アクチュエータ、コンピュータの協調動作機能
- センサ同士の同期

研究ターゲット

- センサと頭脳 (記憶と判断)
 - GRIDデータベース
 - GRIDセンサネットワーク
 - 自律的に成長するデータベース
 - 経験の自動蓄積
- 遺伝子を持つ建物
- リスクの定量化とリスクに基づく設計とメンテナンス サステナブルな建築・都市へ