

## ② 個別化・予防医療を支援する統合計算生命科学

### 概要・意義・必要性

#### (1) 必要性の観点

ポスト「京」によるビッグデータ解析と生体シミュレーションを統合することにより、革新的な予防法や早期診断法の開発、安全で有効性の高い治療の実現などを推進し、国際社会の先駆けとなる**健康長寿社会の実現に貢献**

#### (2) 有効性の観点

史上最大規模のビッグデータ解析と、心臓シミュレータ、脳神経シミュレータなど**世界最先端の生体シミュレーション技術を医療機関、医療プロジェクト等と密接に連携した体制で推進することで、着実に医療応用を実現**

#### (3) 戦略的活用 の観点

ポスト「京」による膨大な演算能力とストレージを活用し、**ビッグデータ解析と生体シミュレーションを統合して利用することで、個別化・予防医療、さらに参加型医療に展開**

### 内容の詳細

統合計算生命科学(ビッグデータ解析とそこから得られるモデルを用いる生体シミュレーション)による個別化・予防医療の支援

#### エクサスケールデータ解析

巨大なストレージと演算能力を活用した**健康・医療ビッグデータ**(個人ごとのオミックスデータと医療・計測情報など)を一挙に解析する技術を開発し、その基盤を確立

それらを活用し、**個々人にフィットした薬、病気の予測・予防・治療法**を見出し、個別化・予防医療、さらに参加型医療に展開

#### マルチフィジックス生体シミュレーション

多様な医療分野のシミュレータを連成した**マルチフィジックス生体シミュレーション法**(分子、細胞から臓器・脳・全身)を確立

**健康・医療ビッグデータ**の解析結果に基づいた**個々人に合わせたモデルを用いた生体シミュレーション**による**疾患の予測と治療法**の検討を実施し、さらに**新しい医療機器の開発**に応用



#### ポスト「京」利用の必要性

今後の個別化・予防・参加型医療には、大規模な個々人のオミックスデータの解析とマルチフィジックス生体シミュレーションにより、がんなどの疾患における多数の遺伝子システムの異常の解明と生活習慣病などにおける正確なリスク評価が不可欠。

個別化・予防医療には、個人ごとの健康・医療ビッグデータの解析と個人ごとの違いに応じた生体シミュレーションによる手術や治療法の適用が必要になる。

#### 必要な計算資源 (実行効率を1EFLOPSの15%程度と仮定)

遺伝子ネットワーク解析等に  
約35日(1万5千ケース)  
マルチフィジックス生体シミュレーションに約45日



### 期待される成果・波及効果

大規模なオミックスデータ解析により、恒常性破綻と疾患の関係、がんなどの疾患における多数の遺伝子異常と遺伝子ネットワークの関係を解明し、予防・個別化型の医療に貢献し、さらに参加型医療への展開を図る。

分子、細胞レベルから、血管・組織、さらには臓器レベルまでの生体シミュレーションにより、病態予測を可能にして、疾患の早期発見、最適な治療法の選択に寄与するとともに、世界最先端の医療機器開発に寄与する。

# 重点課題 個別化・予防医療を支援する統合計算生命科学

## ポスト「京」の社会的背景とで目指す成果

超高齢化社会が迫る中、加齢とともに生じる様々な病気



スーパー「京」

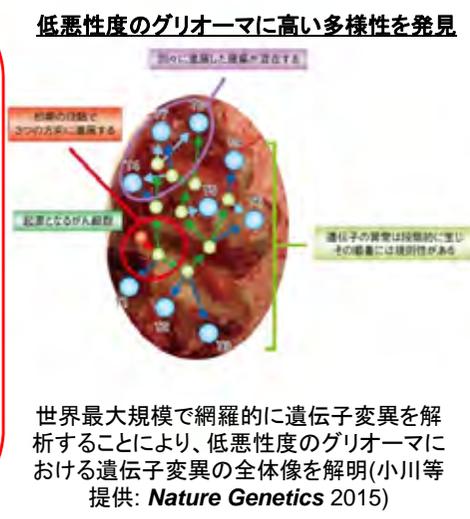
ポスト「京」とビッグデータで、個々人に対する的確ながんの個別化予防・治療戦略を創出

ポスト「京」での心臓シミュレーションで心臓疾患の創薬・治療の中心的戦略技術を創出

### 大量シーケンスによるがんの個性と時間的・空間的多様性・起源の解明

#### ビッグデータ解析

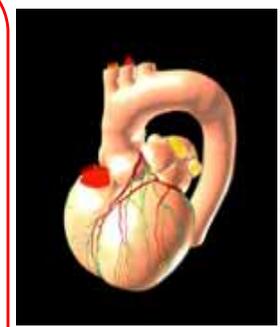
「個々人のがん」を捉えるには全ゲノム解析に基づき、1%以下の頻度の変異を網羅的に見いだすことが必須であり、50のがん腫では「京」では5000日を要する。ポスト「京」では、700検体(1検体データ5TB)/日のデータ解析を達成し、個々人のがんの起源とその多様性を捉え、がん治療戦略、がんの予防法と超早期発見にイノベーションを起こし、副作用に優しく個人ごとに効き目のよい薬を創出する戦略を作る。



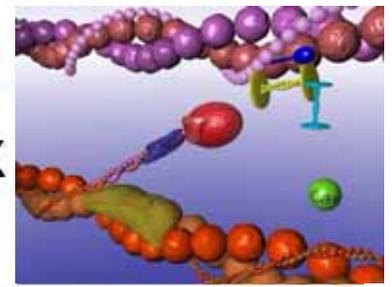
#### 超大規模物理シミュレーション

### 心臓シミュレーションと分子シミュレーションの融合

心臓シミュレータUT-Heartと分子シミュレータCafeMolを融合させることにより、ミクロ・マクロ間の相互作用から病態が進行する心不全の解明と最適治療を可能とする世界でも例を見ないマルチスケール心臓シミュレーションを実現する。



UT-Heart



CafeMol

ポスト「京」に相応しい計算科学のマイルストーンを築くと共に、医療への実用化を展開する。

# ③ 地震・津波による複合災害の統合的予測システムの構築

## 概要・意義・必要性

- (1) 必要性の観点 被害経験からでは予測困難な複合災害に対する、統合的予測は国土強靱化のために必要不可欠。
- (2) 有効性の観点 内閣府・自治体等で利用できる、HPCを使った地震・津波、一次被害、二次被害の統合的予測システムは、高度な被害予測を実現し、防災・減災対策を合理化。
- (3) 戦略的活用の観点 多数地震シナリオの想定は、不確実性の高い地震・津波の複合災害の予測にとって必要不可欠であり、1シナリオの計算に京の全系が必要なため、ポスト「京」は必須。

## 内容の詳細

### サブ課題A: 地震津波災害予測システムの実用化研究

- 自然災害・一次被害・二次被害の計算コンポーネントを統合した予測システムを構築し、多様性を考慮し想定外を無くす1000以上の地震シナリオ(\*)で、大規模シミュレーションを実施することで、確率評価の可能な複合災害予測データベースを構築する。
- (\*)断層広がり12x4通りxすべり不均質 ${}_5C_2$ 通りx振幅3通り=1440通り
- 各計算コンポーネントに関する科学的課題を解決し、予測システムの信頼度を向上

### サブ課題B: 統合的予測のための社会シミュレーションの開発

- 二次被害に大きく影響する都市全体を対象とした交通シミュレーション等を実施する社会シミュレーションの開発。
- 効果的・効率的な国土強靱化に向けて、多数地震シナリオを用いた被害予測を行い、行政に発信する。

## ポスト「京」利用の必要性

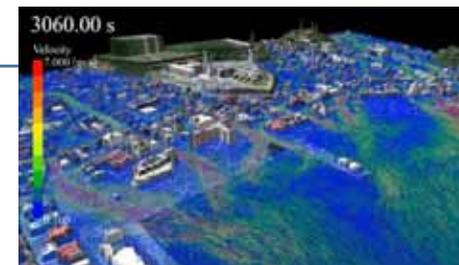
- 詳細な幾何形状等を考慮した地震・津波・構造応答の計算を行うために、億を超える自由度の非線形有限要素計算が必要。
- 京の全系でスケールするコードは開発済みだが、1回の計算に1日程度かかるため、不確定さを考慮した多数計算は、京では数年以上かかる課題であり、ポスト「京」が必要。
- 交通シミュレーションについても、地震以外の状況も考慮した多数ケースの計算が必要。

### 必要な計算資源 (実行効率を1EFLOPSの15%程度と仮定)

ポスト京では、5領域(千島海溝、日本海溝、南海トラフ、伊豆・小笠原海溝、琉球海溝)で行ったとして、占有日数は、最低で70日程度(避難シミュレーションでのシナリオを最小限に絞った場合)。絞らないと最大4倍必要となる。

## 期待される成果・波及効果

- 地震津波の複合災害予測データベースの構築。
- 経済的な波及効果: 直接効果だけでも6500億円(三菱総研調べ)。
- 将来的にリアルタイムシミュレーションへの展開。
- 計算コンポーネントの高度化を継続し、統合的予測システムを持続的に利用。
- 行政(内閣府・自治体)の防災・減災計画への反映。



複合災害予測のベースとなる3次元津波遡上計算

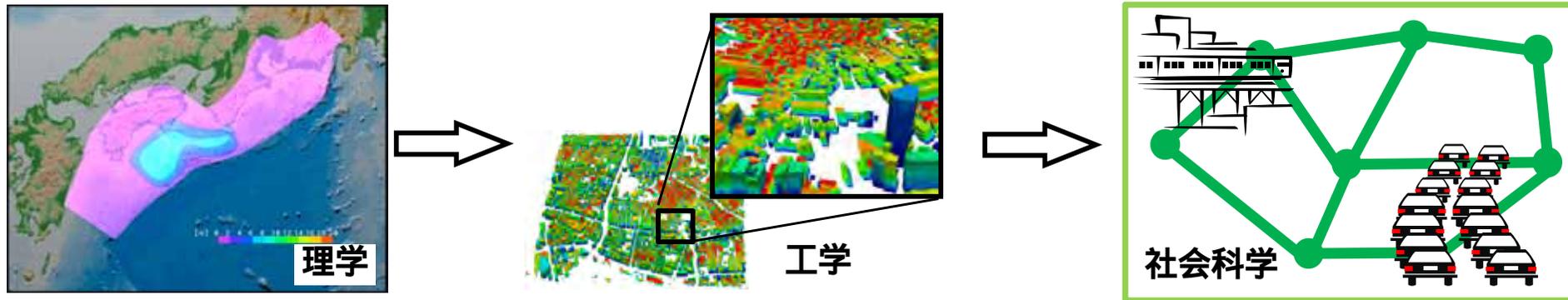


10万人規模のエージェントシミュレーション

# 重点課題 地震・津波による複合災害の統合的予測システムの構築

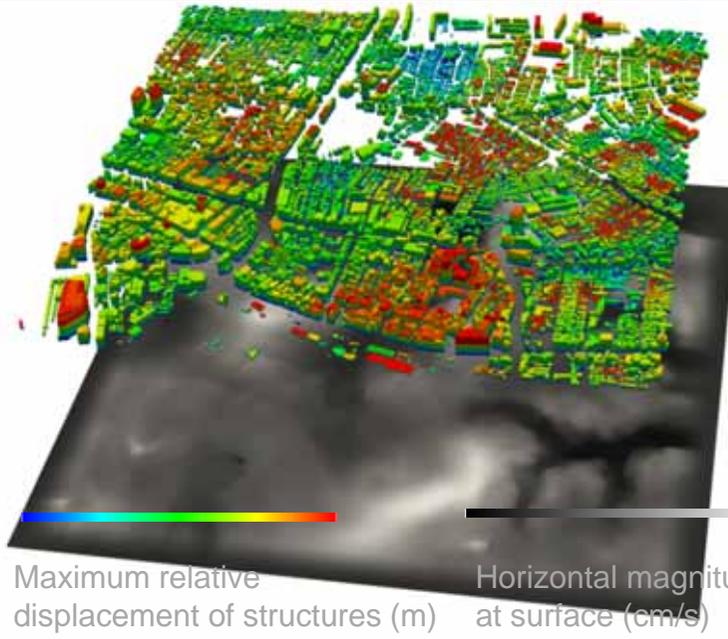
## ● 重点課題 概要

地震・津波が引き起こす都市の災害・被害の過程と避難等の被害対応の過程を、精緻な都市モデルを使った数値解析を組み合わせて予測する「統合的予測システム」を構築する。



## ● ポスト「京」で出来るようになる事

- ① 科学的な観点：地震・津波の複合災害を、超大規模都市モデルを使ったシミュレーションで予測
- ② 社会・経済的な観点：首都直下地震・南海トラフ地震を対象に、より合理的な予測を行うことで防災・減災に貢献



「京」で開発した都市丸ごとの地震シミュレーションの例。東京を対象に、精緻な都市モデルを使って地盤と建物の揺れを計算。SC14とSC15のゴードンベル賞ファイナリストに選出され、国際的にも高く評価。

# ④ 観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化

## 概要・意義・必要性

- (1) 必要性の観点: 竜巻、局地的豪雨等の予測高精度化への社会からの強い要望、環境政策立案のための科学的基盤提供
- (2) 有効性の観点: 安全な避難のための時間的余裕確保、観測研究・シミュレーション研究が一体となった研究体制の構築
- (3) 戦略的活用の観点: 十分なモデルと観測データ取り込みの解像度、アンサンブル数を確保し、予測高度化につなげる

## 内容の詳細

**サブ課題A: 革新的な数値天気予報による高度な気象防災**  
雲、雨、雪などを桁違いの高解像度で忠実にシミュレーションし、次世代の観測によるビッグデータを、応用数学的手法によりモデル計算に組み入れることで、現状では予測が困難な局地的豪雨や竜巻などを高精度に予測する。また、台風の発生を予測する新しい天気予報システムを構築する。

## サブ課題B: 総合的な地球環境の監視と予測

人間活動に起因する環境変化の影響を、生物・化学的側面を含んでより正確に予測し、常にモニタリングを行うシステムの基盤を、地球規模の気候モデルを用い構築する。これにより、国内および東アジアなど広域の大気質改善等への貢献を通し、今後の政策や防災、健康対策に寄与する。

## ポスト「京」利用の必要性



大気中の対流を再現できる解像度で、現状では10-100程度のアンサンブル数を10倍以上に増やし、かつ人工衛星観測などによる観測ビッグデータを、可能な限り情報量を保持しながら応用数学的手法によりモデル計算に取り込むため、ポスト「京」の計算能力が必要。

必要な計算資源 (実行効率を1EFLOPSの15%程度と仮定)

ポスト「京」の占有日数換算で、「高解像度気象予報(全球、領域)」に20日、「局所的・集中的大雨、熱帯気象の高度予測」に70日、「近未来地球環境予測システム」に10日必要。

## 期待される成果・波及効果

- ・予報技術の飛躍的向上による人命と財産の保護
- ・省庁、自治体による防災計画・環境政策への貢献、地球環境予測情報の発信を通じた持続可能な国際社会構築への貢献
- ・極端現象の成因・将来変化や、地球環境のサブシステム間・スケール間相互作用の科学的理解
- ・多様な時空間スケールを対象にすることによる、モデリング・データ同化手法改良の加速

# 重点課題 観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化

## ● 重点課題 概要

「予報をしてから現象が発生するまでの時間（リードタイム）をいかに長くできるか」その実現可能性を追求します。以下の3つの研究テーマを推進します。

- 1) 豪雨や局所的大雨を対象に、その発生・発達など現象の寿命を決定する物理的要因を解明することにより、予測精度の向上とより長いリードタイムを確保し、さらに突風や土石流の被害に直結する要因を明らかにする研究開発を行います。
- 2) 季節内振動の大規模熱帯擾乱によりモジュレートされる台風発生メカニズムを解明することにより、台風の長期予測精度を向上させる研究開発を行います。
- 3) 黒色炭素粒子エアロゾルや温室効果ガス、PM2.5等の大気中の化学的動態特性を明らかにすることにより、エアロゾルの気候への影響を明らかにする研究開発を行います。

## ● ポスト「京」で出来るようになる事

● ひまわり8号のデータなどの観測ビッグデータを天気予測に初めて使用してさらなる予測精度向上とより長いリードタイムを提示します。

- ①科学的観点：豪雨や局所的大雨の寿命を決める要因や風被害をもたらす要因を明らかにする。
- ②社会的観点：きめ細かい情報による被害、災害の減少、避難対策の選択肢を広げたり、より万端な備えへ。
- ③経済的観点：経済活動麻痺の回避、物流や保険業界、計画生産、計画農業等への貢献。

