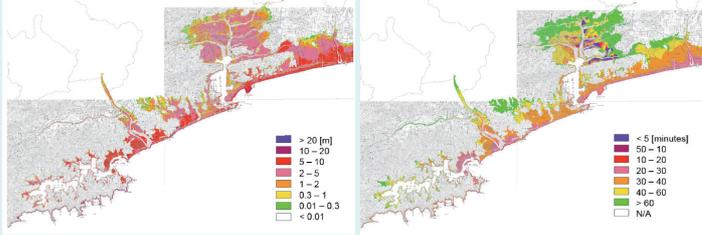


# シミュレーションの高速化に関する研究

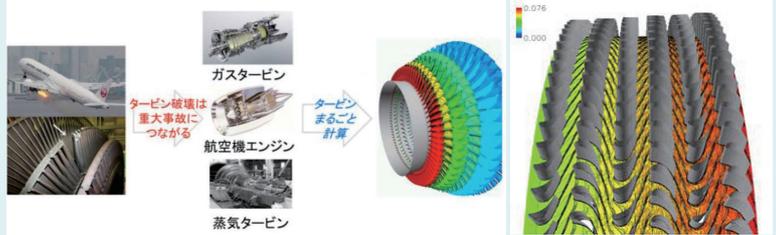
## 高性能大規模シミュレーション

### リアルタイム津波浸水被害予測シミュレーション



- ・巨大地震発生時に津波浸水被害を予測、予測結果を用いて避難経路などを探索
- ・津波到達前に避難を完了するためには、迅速な被害予測が必要

### 数値タービン



- ・重要な社会インフラの一つであるタービン内の事象をシミュレーションし解析
- ・トラブルを未然に防ぐためには高速な計算が必要であるが、現状では多くの計算時間が必要

## 高性能大規模シミュレーションの高速実行への高い要求

### シミュレーションを高速実行するためには...

- ・複数データを一度に演算できるベクトル演算の有効利用
- ・並列演算による処理のスループット向上
- ・高性能メインメモリやキャッシュメモリの有効活用
- ・システムパラメータのアプリケーションの特徴に応じた適切な選択



高性能シミュレーションを高速化するためには、**コンピュータアーキテクチャの特徴を十分に生かした最適化・パラメータ選択を行う事が重要**

## メニーコアプロセッサを用いた津波浸水被害予測シミュレーションの高速化

### 研究の目的

小規模な高性能計算システムにおける津波浸水被害予測シミュレーションの高速実行

### ディレクティブを用いた並列化・ベクトル化の促進

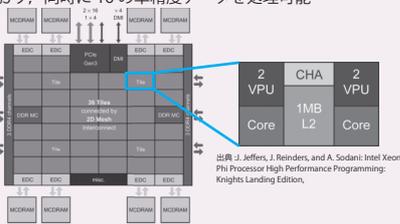
- ・OpenMP, OpenACCを用いた並列実行
- ・多数のコアを有効利用 / メモリへの同時アクセスを可能にすることでメモリ性能を十分に引き出す
- ・ベクトル化の促進

### 適切なシステムパラメータ選択による高速化

- ・計算システムの能力を十分に引き出すために、計算資源を管理するパラメータが準備されている
- ・アプリケーションの特徴に応じて、適切にシステムパラメータを選択することで能力を引き出す

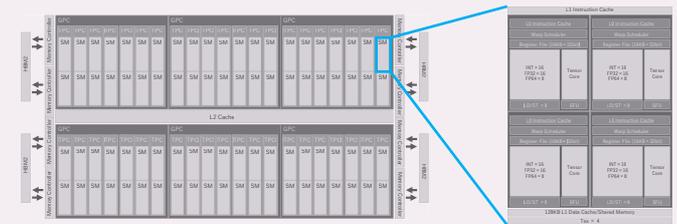
### Intel Xeon Phi Knights Landing

- ・最大 72 コアを搭載するメニーコアプロセッサ
- ・各コアで最大 4 スレッド並列実行が可能 → プロセッサ全体で最大 288 並列
- ・各コアはベクトル演算器 (VPU) を搭載しており、同時に 16 の単精度データを処理可能
- ・2 種類のメモリを搭載
  - 大容量メモリの DDR メモリ
  - 高データ転送能力の MCDRAM
- ・様々なシステムパラメータ
- ・Cluster Mode:
  - Core, Tag Directory, Memory of the affinity
  - Memory Mode:
    - DDR Memory と MCDRAM の利用法
    - Thread Affinity
    - Number of Threads



### NVIDIA Tesla V100

- ・高い並列演算性能を有するアクセラレータ
- ・5120 個の単精度演算コア、2560 個の倍精度演算コア、640 個のテンソルコアを搭載
- ・高データ転送能力の HBM2 を搭載
- ・多階層の並列粒度 / 膨大な並列数



計算資源の有効利用により実行時間を大幅に短縮

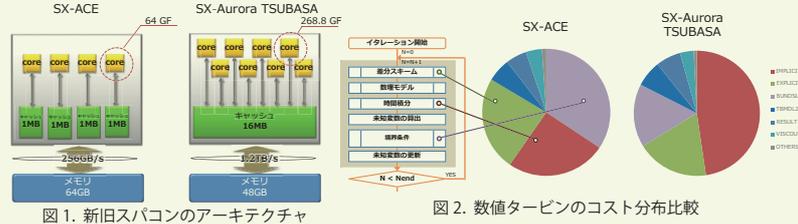
## ベクトル型スーパーコンピュータを用いた数値タービンの高速化

### 研究の目的

変化し続けるアーキテクチャにおいて高演算性能を発揮するための高速化プログラミング技術の確立

- ・本研究で主に評価に使用しているスーパーコンピュータにおいても従来機と最新機で大きく変化
- ・コア数の増加、キャッシュ容量の増大、演算性能・メモリバンド幅の向上等 (図 1)
- ・同じコードでもアーキテクチャの特徴が変わると性能特性も変化
- ・CFD コード「数値タービン」においても従来型と最新機で最上位コストルーチンが変化 (図 2)
- ・最新機では時間積分処理 (IMPLICIT2) のコストが最大

アーキテクチャの変化に応じたアプリケーションの最適化が必要



### 高コストルーチンの性能分析及びボトルネックの明確化

- ・IMPLICIT2 の主な性能特性は、キャッシュヒット率は高いがループ長が短い
- ・従来機ではベクトル長が短くてもキャッシュヒット率が高い場合、高演算性能を得られるケース有り
- データの規模が大きくなるとキャッシュヒット率の低下とともに性能も低下
- ・新機種ではキャッシュが拡大されたため、キャッシュヒット率が向上するケースが多い
- データ規模の大きさにかわらず、高キャッシュヒット率を維持可能
- ・キャッシュヒット率が大きく変わらない場合、ループ長が長いほど高演算性能を得られる傾向

### 明確にした性能ボトルネックを克服する施策の研究

- ・従来機向けに適用していた手法 (2 次元ハイパープレーン法) に対し、データの空間的局所性は低下するが長いループ長を確保できる手法 (3 次元ハイパープレーン法) を適用 (図 3,4)
- ・IMPLICIT2 の性能が 3 倍向上 (図 5)

### 明らかになったことと今後の取り組み

- ・同じベクトル型コンピュータでも、キャッシュとループ長の関係が性能に及ぼす影響が変わることを明らかにした
- ・アーキテクチャの特徴と以上の関係をより明確にし、法則性を見出す必要

