

2010年度 後期

## 仮想実験特論 (第4回)

システム情報科学府 情報学専攻 アドバンス科目

担当：高見 利也

2010年10月22日

1

## 授業計画と単位認定

- ✦ 授業の予定
  - ✦ 第1回：仮想実験とは何か、授業の目的と計画、参考書など
  - ✦ 第2回～5回：様々な分野のシミュレーション
  - ✦ 第6回～9回：シミュレーションの要素技術
  - ✦ 第10回～13回：科学シミュレーションの実際
  - ✦ 第14回、15回：まとめなど
- ✦ 単位認定の基準
  - ✦ 出席点4割、レポート6割
  - ✦ 試験はなし
- ✦ レポートについて
  - ✦ 合計4回を予定。電子メールで提出すること。

3

## 授業担当

- ✦ 氏名：高見 利也 (たかみ としや)
- ✦ 電子メール：takami@cc.kyushu-u.ac.jp
- ✦ 所属：情報基盤研究開発センター
- ✦ 居室：箱崎地区 情報基盤研究開発センター棟 604号室  
伊都地区 West 2号館10階1006号室 [ただし金曜のみ]
- ✦ 専門分野：非線形物理学、大規模並列計算
- ✦ WebPage：http://dogra.cc.kyushu-u.ac.jp/tkm  
講義資料：http://dogra.cc.kyushu-u.ac.jp/tkm/lecture/sim

2

## 先週の内容: 社会・経済系

- ✦ 人文社会系のシミュレーションとして、選挙の予想、人口問題を考察
  - ✦ 数理モデルを立てることが難しい場合もある。
  - ✦ 実施にはシナリオなどの形で不確定なパラメータを確定する作業が必要になる。
- ✦ 経済系のシミュレーション
  - ✦ 確率微分方程式の導入
  - ✦ ブラック・ショールズ方程式の導出
- ✦ まとめ
  - ✦ 外的要因に左右されることも多く、シミュレーション結果を活用するのは難しい場合がある。

4

# 今日の内容

- 4回に渡って様々なシミュレーション事例の紹介を行う4回め。今回は、**極限系のシミュレーション**。
- 扱う内容は、実験を実施することが困難な対象。
  - 核実験のシミュレーション
  - 原子力発電での物理過程
    - エネルギー変換、マルチスケール
  - 地球環境シミュレーション
    - 温暖化、天気予報、地震、津波、etc.

5

# 原子力発電での物理過程

- EDF (Électricité de France)の取り組み
  - OSCIC (Barcelona 2009)の資料(M. Sakiz, EDF R&D)
- Code\_saturne (developed by EDF: <http://www.edf.com/>)
  - General purpose Computational Fluid Dynamics software
  - The basic capabilities of Code\_Saturne enable the handling of either incompressible or expandable flows with or without heat transfer and turbulence. Dedicated modules are available for specific physics such as radiative heat transfer, combustion (gas, coal, heavy fuel oil, ...), magneto-hydrodynamics, compressible flows, two-phase flows (Euler-Lagrange approach with two-way coupling), or atmospheric flows.



7

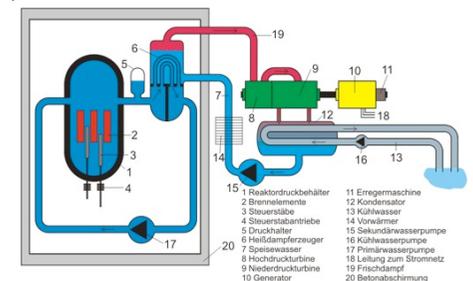
# 核実験とシミュレーション

- 核実験の分類
  - 大気圏内、大気圏外、地下、水中
  - 部分的核実験禁止条約 (1963年、Partial Test Ban Treaty、**PTBT**)により地下以外は禁止されている。
  - 包括的核実験禁止条約 (1997年、Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty、**CTBT**)では、上記すべてが禁止。2010年時点で未発効。
- 臨界前核実験 (2010年9月 Bacchus、24回目)
  - 核爆発を伴わないため、汚染物質の放散はない。
  - 数値シミュレーションと組み合わせられることが多い。

6

# 流体と構造物のシミュレーション

- 細い水路を流れる高温の水の運動
- 水と燃料棒、制御棒の相互作用で生ずる微小振動
- 蒸気発生器(steam generator)の細管構造、金属壁の腐食



<http://ja.wikipedia.org/wiki/原子力発電>

8

## その他のシミュレーション内容

- ✦ エネルギー効率の改善に向けて
  - ✦ 熱、流体の物理シミュレーション
- ✦ エネルギーの再生と蓄積
  - ✦ 新しいエネルギーのイノベーション
- ✦ 新しいエネルギープラントの設計
  - ✦ ものづくりシミュレーションとして
- ✦ 発電施設の安全性向上、老朽化とメンテナンス、不測の事態
  - ✦ 危険予測、事故対策の研究



EDFの原発 (wikipediaより)

9

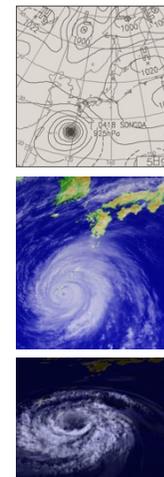
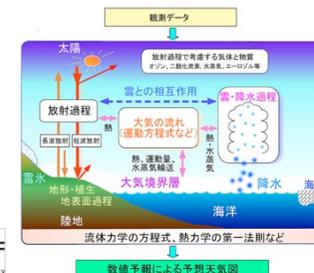
## 地球環境のシミュレーション

- ✦ 天気予報
  - ✦ 日々の天気、台風の進路など、かなり実用化されている
- ✦ 地球温暖化予測
  - ✦ 地球シミュレータなどでの大規模気象シミュレーション
- ✦ 津波伝搬のシミュレーション
  - ✦ 大地震の後の到達時刻予測などに活用
- ✦ 地震の規模と被害予測
  - ✦ 震源の場所や震度に応じてあらかじめ予測しておく

10

## 天気予報とスパコン

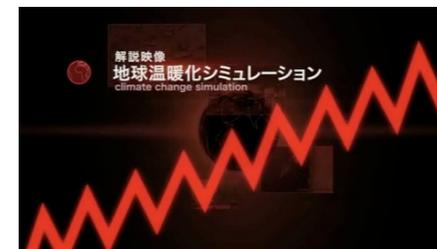
- ✦ 気象庁のスパコンを使って、天気予報のために、日々、シミュレーションが行われている。
- ✦ 太陽光、地形、地表・海面温度、海流などの境界条件と、気象観測で得られた初期条件から、未来の気象予測を行う。
- ✦ 「統一非静力学モデル」  
気象庁が作った天気予報のモデル



11

## 地球温暖化予測

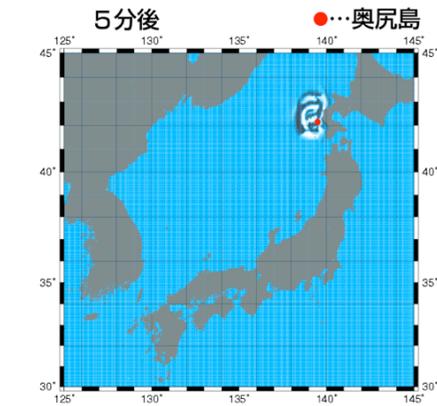
- ✦ 実験的にわかることは限られているので、シミュレーションを実施して長期間の予測をする必要がある。
- ✦ チーム・マイナス6%のプロジェクトで作成された映像コンテンツを見て、温暖化予測シミュレーションについて考察する。
  - ✦ 問題点の列挙
  - ✦ 考慮すべき点
  - ✦ etc.



12

## 津波のシミュレーション

- ✦ 地震による海底変動で生じた動きが遠方まで伝搬したもの
- ✦ 沿岸部で急激に波が高くなることで、大きな被害が生ずる
- ✦ 深海: 線形長波方程式  
浅海: 非線形長波(浅水理論式)
- ✦ 線形長波方程式 ⇒ 三次元Navier-Stokes方程式



<http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0190/nature/start.html>

13

## 極限系シミュレーションのまとめ

種類	核実験 (???)	発電所 (流体・構造計算)	地球環境 (大規模連成)
モデル化	臨界前核実験の結果を入力とする	物理モデルを微分方程式で表現	対象に応じてかなり複雑なモデルを導入
実行方法	時間発展を数値的に解く?	時間発展を数値的に解く	時間発展を数値的に解く
規模と頻度	大規模だが頻度はそれほどではない	規模、要求精度に応じて多数回実施	天気予報は毎日 温暖化予測も大規模

15

## 地震・破壊のモデル

- ✦ 様々なモデル化
  - ✦ 地震は突然起きる ⇒ 統計的計測モデルによる予測
  - ✦ 破壊過程を数理モデル化してシミュレーション
  - ✦ セルオートマトンで地震エネルギーの蓄積をモデル化
  - ✦ プレートの動きから発生を予測(東海地震の予知?)
  - ✦ 地震による損失をモデル化(保険業界などでは必要)
- ✦ 対象が非常に難しいと、モデル化だけで大変になる。
  - ✦ せいぜい、モデルから予測される結果を比較するだけ。

14

## 参考資料

- ✦ Open Source CFD、<http://www.opensourcecfd.com>
- ✦ 気象研究所/数値予報課「統一非静力学モデル」齊藤和雄、加藤輝之、永戸久喜、室井ちあし
- ✦ 映像「地球温暖化シミュレーション」(チーム・マイナス6%)  
<http://www.team-6.jp/cc-sim/>
- ✦ 温暖化の観測・予測及び影響評価統合レポート(2009年10月)  
「日本の気候変動とその影響」文部科学省、気象庁、環境省

16