

分科会E

「物質と宇宙の起源と構造」

世界に誇る拠点を目指して

モデレータ：青木 慎也

筑波大学 大学院数理物質科学研究科

全体討議

「世界に誇る拠点を目指して」

計算（基礎）科学における拠点形成

分科会E（宇宙と物質の起源と構造）

モデレータ：青木 慎也

筑波大学 大学院数理物質科学研究科

各パネリストにお願いしたテーマ

- 橋本 省二 (KEK)
 - 素粒子分野の挑戦的課題とその世界的状況
 - 望ましいAll Japan研究体制とその構築
- 大塚 孝治 (東大)
 - 原子核分野の挑戦的課題とその世界的状況
 - 分野融合・分野連携 (原子核分野内部での連携、素粒子や宇宙との連携)
- 柴田 大 (京大)
 - 宇宙分野の挑戦的課題とその世界的状況
 - 分野融合・分野連携 (宇宙分野内部での連携、素粒子や原子核との連携)
- 牧野 淳一郎 (天文台)
 - 計算機科学との連携
 - 継続的な計算機開発への取組・提案

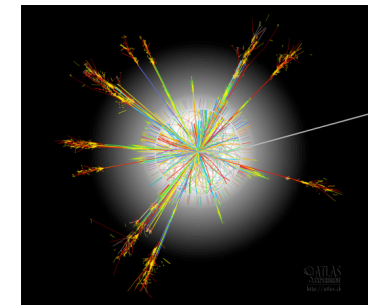
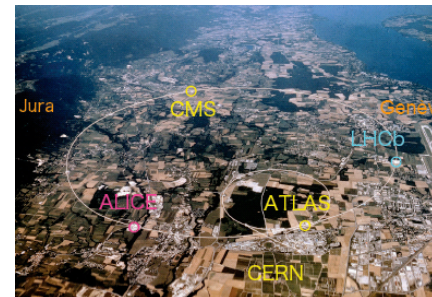
ディスカッションでのポイント

- パネリストのプレゼン内容についての質問や追加の議論
- 世界をリードする計算科学の拠点の形成
 - どのようなものか？
 - 素粒子・原子核・宇宙物理の計算基礎科学分野
 - 計算科学全体の拠点
 - 何を期待するか？（やはり分野及び全体）
- 世界をリードする計算科学の拠点を形成するために
 - 何が必要か？（やはり分野及び全体）
 - 拠点形成の成功のポイントは何か？（やはり分野及び全体）

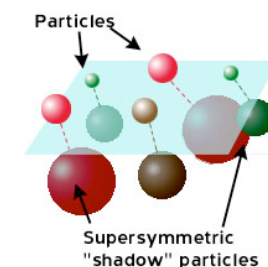
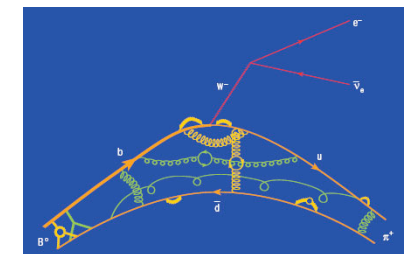
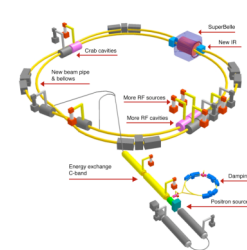
計算基礎科学の挑戦的課題（素粒子分野）

未知の素粒子・物理法則探索

- ▶ 標準模型を越える物理
 - ▶ LHCによる高エネルギー直接探索
 - ▶ Bファクトリーなどの精密実験
 - ▶ 新粒子の足跡を読む
- ▶ シミュレーションの貢献
 - ▶ 理論と実験の橋渡し
 - ▶ 実験で測れる量はたいてい理論で計算できない。1-2%のQCD精密計算。
 - ▶ 未知の理論を解く
 - ▶ 複合ヒッグス模型？超対称性？



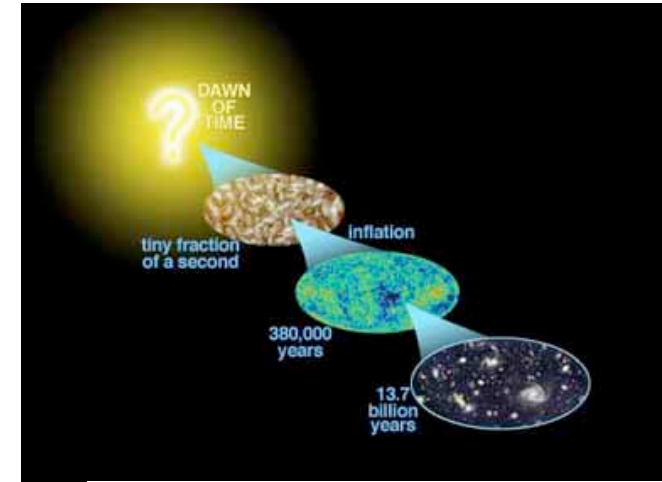
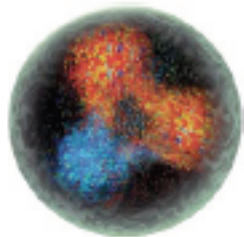
ブラックホール @ LHC



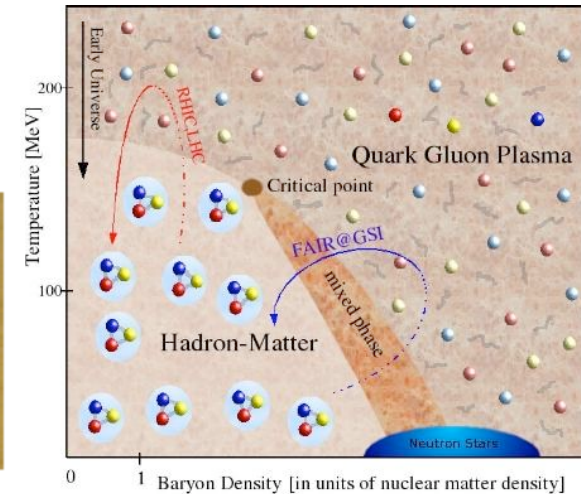
計算基礎科学の挑戦的課題（素粒子分野）

宇宙初期（ビッグバン）の相転移

- ▶ 宇宙の始まりは見えない
 - ▶ 宇宙は何度かの相転移ののちに現在の姿になった。既知の物理法則に基づくシミュレーションが唯一の研究手段。
 - ▶ クォーク・グルーオン・プラズマから陽子・中性子へ
 - ▶ 相転移の次数や温度は？
 - ▶ 質量生成？
 - ▶ 物質・反物質の非対称性
 - ▶ 標準模型を越える物理の可能性？



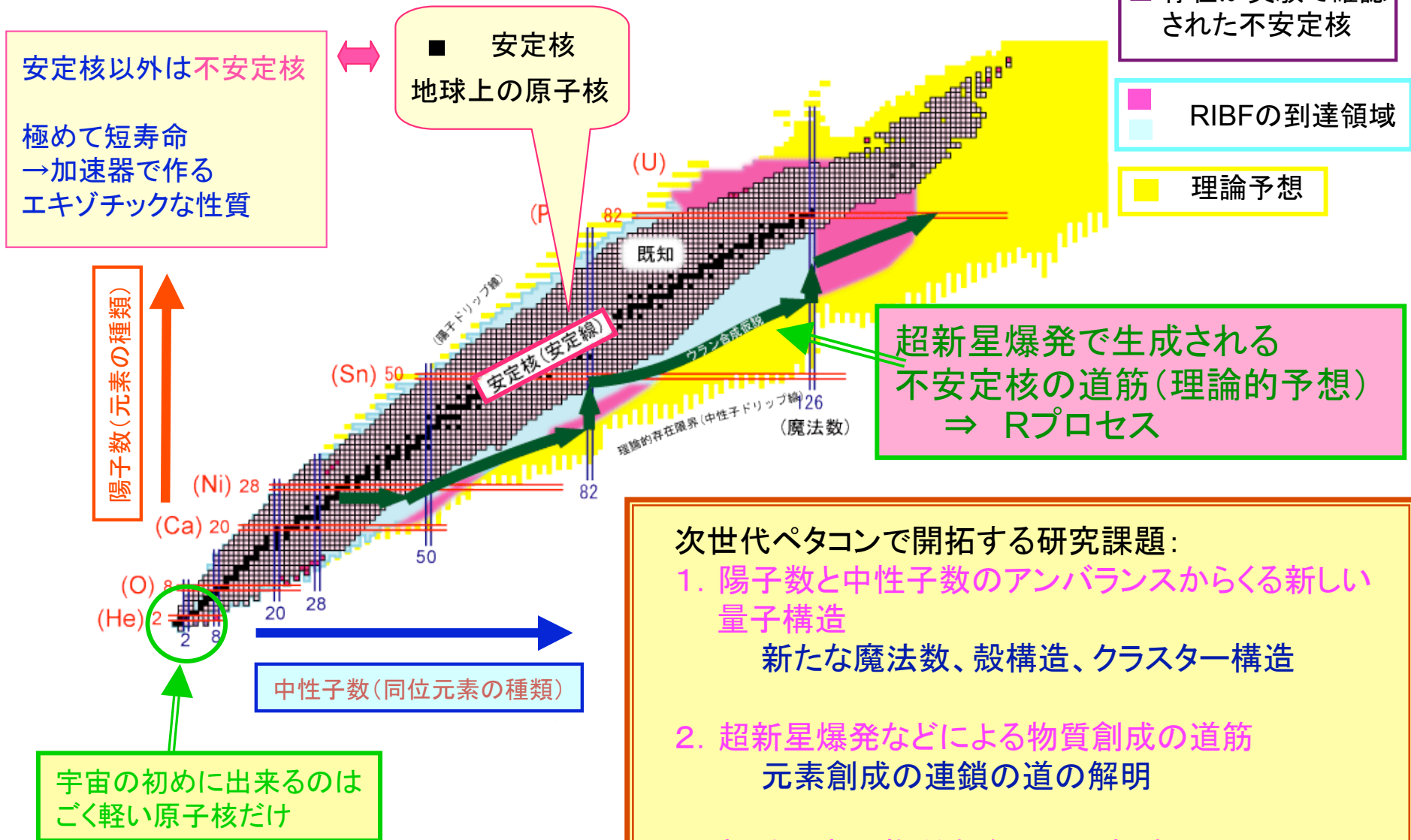
南部陽一郎



小林誠・益川敏英

計算基礎科学の挑戦的課題（原子核分野）

核図表と主要な研究課題

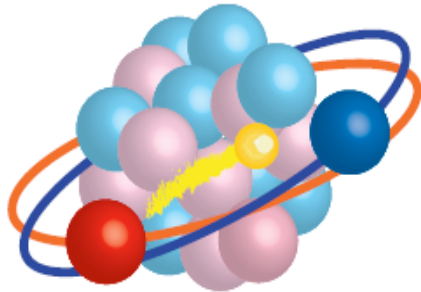


計算基礎科学の挑戦的課題（原子核分野）

不安定核は未知の世界

頼りになる道しるべは原理的なこと：原理主義

核力から原子核をつくる

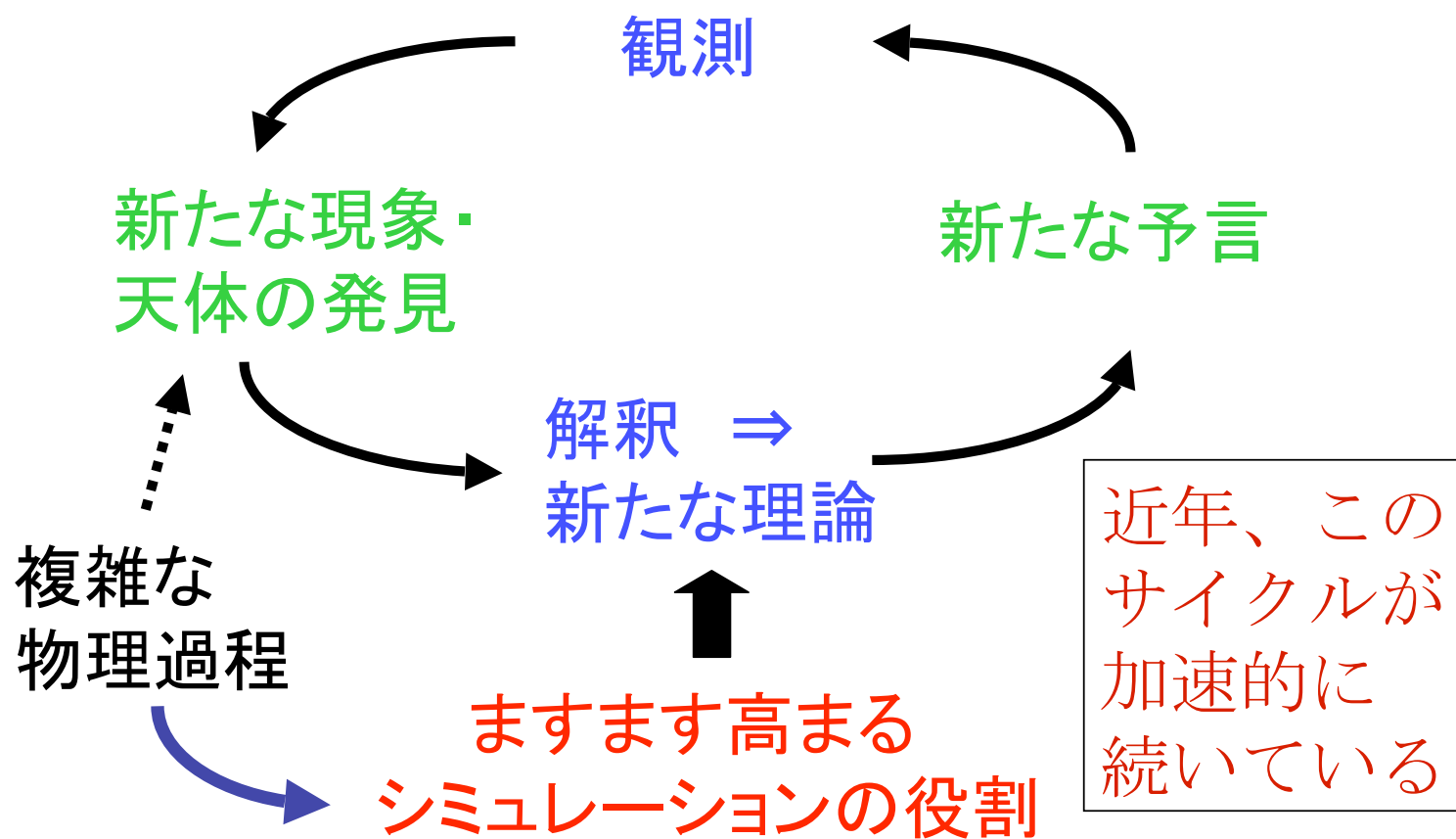


2体力ばかりでなく、3体力も
原子核の存在限界などにまで
強い影響

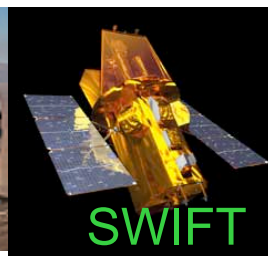
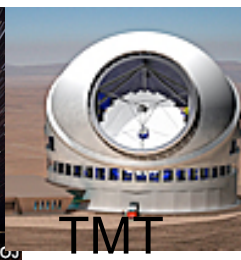
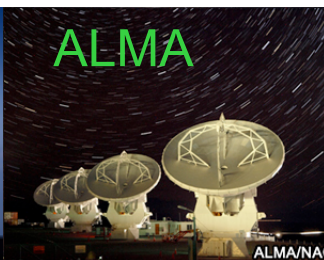
核力は極めて複雑で未だに全容は不明：格子QCD計算からのインプット

核力から原子核を作る！

宇宙物理学/天文学：学問の流れ



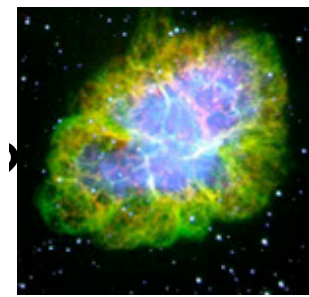
KECK



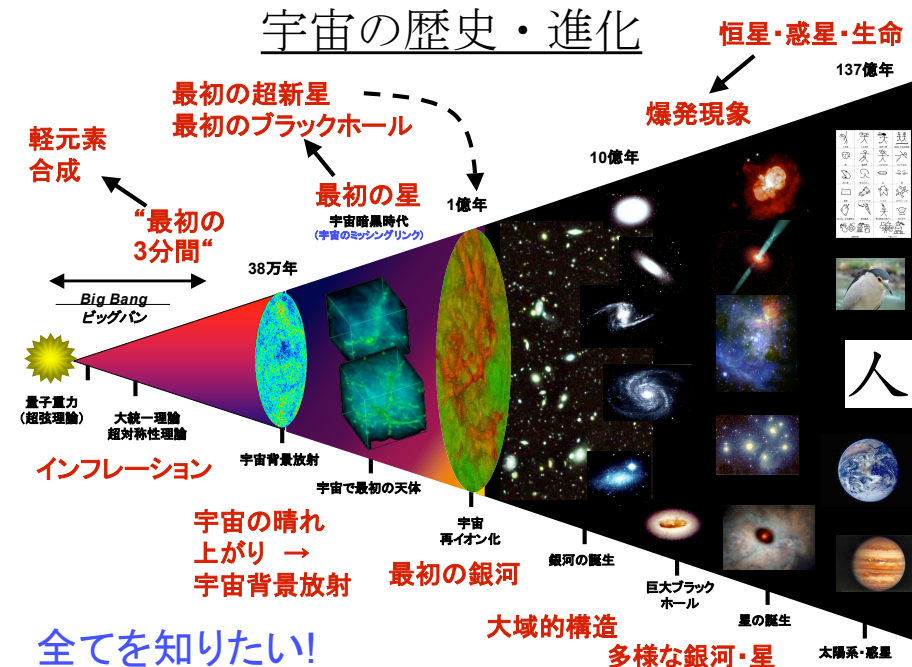
計算基礎科学の挑戦的課題（宇宙物理分野）

未解決問題

- **ガンマ線バースト**: 宇宙最大のエネルギー現象。どうやって大量のエネルギーを生み出す？
- **超新星爆発**: どうやって爆発する？
- **超巨大ブラックホール**: なぜこんなに重いブラックホールが宇宙初期に存在するのか？
- **最初の星、最初の星団、銀河の形成**: いつ、どのように？その性質は？
- **惑星形成**: 多様な惑星の形成過程は？
- **粒子加速、BHからのジェット**、...



大規模シミュレーションが
不可欠！



挑戦的課題へ向けた体制（分野内連携）

オールジャパン研究体制（素粒子）

▶ 大規模計算のための資源集中戦略

▶ 格子QCDの大規模化、精密化

- ▶ 核力計算のための大体積シミュレーション
- ▶ 精密計算のための微細格子シミュレーション
- ▶ 有限温度相転移の精密シミュレーション

重要度・緊急度に応じた
資源配分

▶ 国際競争

- ▶ 欧米との競争: いずれも主要なHPCアプリとしてシェア増

▶ 研究の組織化

▶ 集中化と分散化のバランス

- ▶ 主要拠点(大規模計算)＋全国の大学(アイデア創出)

▶ 共通コードによる研究の効率化

- ▶ 複雑化するプログラム、さまざまなアーキテクチャへの対応、異なるモデルへの対応

▶ 格子QCD以外の理論、手法(超弦理論、摂動計算...)

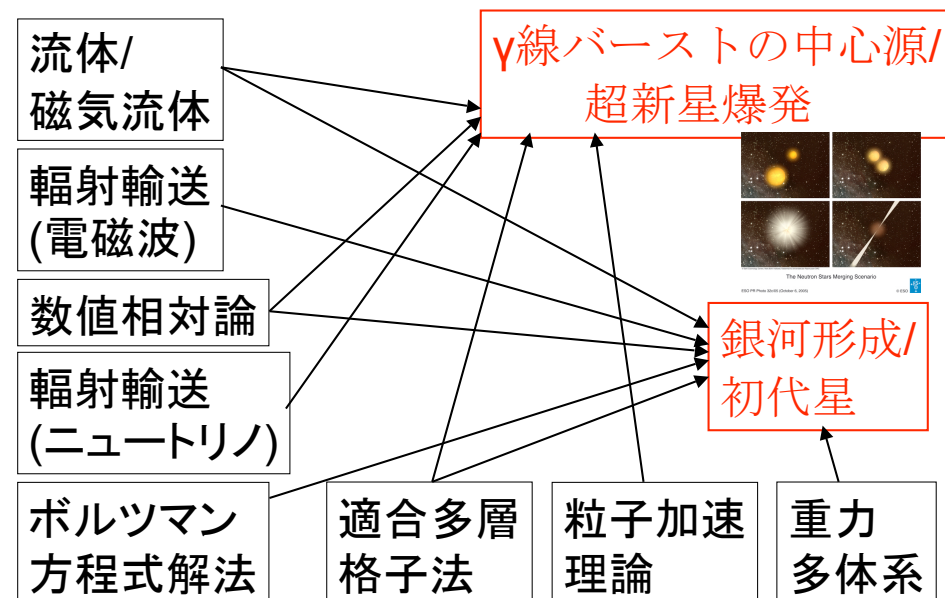
挑戦的課題へ向けた体制（分野内連携）

協力体制（宇宙物理）

- 対象が異なっても、方程式、数値計算法、並列化法の多くは共通
- しかし現在、日本では宇宙分野内でも、協力関係はほとんどない
- これを機会にオール日本協力体制を
(世界的競争の中、今後不可欠)
- 例えば、戦略機関に基本的なソフトウェアを集め、公開、ライブラリー化、スクール

他の研究分野のコード開発に寄与、
研究の進捗を相互に加速。

掛け声倒れを監視するシステム
が必要！

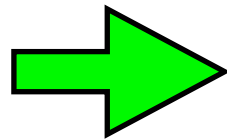


挑戦的課題へ向けた体制（分野間相互作用）

- ▶ 例：新学術領域「素核宇宙融合による計算基礎科学に基づいた重層的物質構造の解明」
 - ▶ クォーク、原子核から超新星爆発、重元素合成まで
 - ▶ 実際の連携の例

超新星爆発、ガンマ線バースト

高温高密度状態が実現



原子核理論に基づく状態方程式、ニュートリノと物質の相互作用に関する知識が必須

分野相互作用が大切

これを機会に促進を！

- ▶ 促進のためには拠点に多様な人を集め、半強制的に相互作用するような環境作りが必要

- ▶ 新たな学際分野誕生の可能性。

これも、掛け声倒れを監視するシステムが必要！

- ▶ より広い視野での連携

- ▶ 素粒子＝ミクロ、宇宙＝マクロ

- ▶ しかし、宇宙の始まりやブラックホールは、ミクロかつマクロ

- ▶ （究極の）課題例：量子重力（超弦理論）の数値計算で宇宙創成の初期条件の決定→その後の進化（インフレーション）を数値相対論で追う

協力関係を確立する最初のステップに

歴史や経験

- ▶ 分散メモリ並列計算機：元々計算機科学の専門家でなかった人達が始めたもの
 - ▶ PAX シリーズ, Caltech HyperCube
 - ▶ QCD計算専用機
 - ▶ QCDPAX, APE, Columbia QCD machines, IBM GF11, CP-PACS, PACS-CS, ...

▶ GRAPEの開発

- ▶ 専門知識はもちろん重要だが
- ▶ ハードウェアアーキテクチャ、ソフトウェア：計算機科学の「常識」が邪魔をするとも。

数値計算をする側の希望を入れて計算機科学の専門家が計算機をつくる、のが連携という考え方ではうまくいかない。

継続的な計算機開発への取組・提案

- ▶ 地球シミュレータ、今回の理研次世代プロジェクトから何を教訓とするか？
 - ▶ 最大の教訓：10年も間があいてはいけない
 - ▶ 次世代が動き出すと同時に次々世代の計画を開始すべき
 - ▶ N.ChristはQCDOCが動き出してすぐに次に計画を始めていた。
- ▶ 「スパコン開発が計算機開発を促進」という考えは時代遅れ？
 - ▶ ベクトルプロセッサは全くの時代遅れ？
 - ▶ それでは何が正解（だった）か？ アクセラレータ？
 - ▶ 要素技術開発からすべきか？
- ▶ どこが次々世代、次々々世代を考えていくのか？

たとえば？

- 素核宇宙分野の研究者自身が(計算機科学の専門家のアドバイスとかも聞いて)アーキテクチャ詳細から設計する
- (お金があるなら)製造は外注
- 加速器・宇宙線実験のグループとの協力も考える

要するに:

自分でやらないと駄目

世界をリードする拠点の形成

どのようなものか、何を期待するか

必要なこと、拠点形成の成功のポイント

成果を出すこと (できる！) プロジェクトを立案しやりきる研究チーム (人、経験)

大規模ソフトウェアの開発

(国際競争のためには) 分業体制の確立

どうやって人をサポートするか？ 拠点に期待

両方 (専門と計算機) が出来る人材？

基本的な計算コードを共通化して作成し公開

協力体制の拠点

個々に強い人はいるのでそれをまとめる

新しい学問の創出

計算機科学分野との連携

日本では応用数学者との連携が不足

分野連携の推進

例：原子核と物質科学

いろいろな分野の人が1つの場所に集まるようなフロア設計

若者に夢を語ること (語れること)