

新学術領域（素核宇宙融合）

「素核宇宙融合による計算科学に基づいた 重層的物質構造の解明」

（H20年度－H24年度）

領域代表者

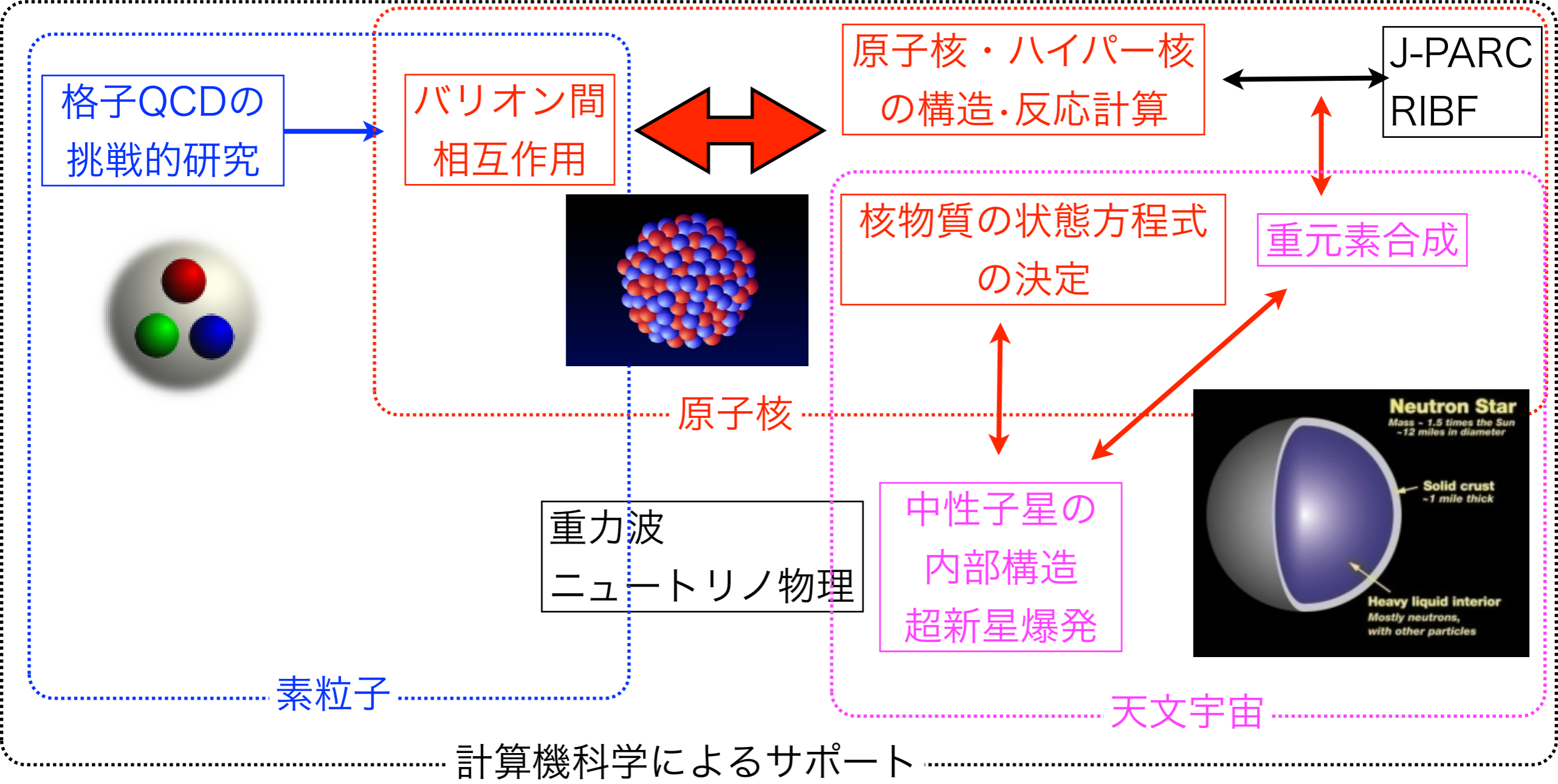
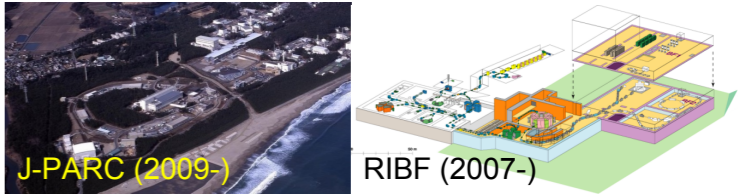
筑波大学・計算科学研究センター 青木 慎也

パネルディスカッション@「J-PARCで展開される将来の物理」研究会

2011年6月10,11日 KEK 小林ホール

領域の目的と研究内容

「様々な階層での物質の性質・構造・起源を、クォークから元素合成までという流れの中で、異なった専門分野の研究者が計算科学という新しい手法を基盤に、共同で解明していく」という新しい研究領域の構築を目指すこと



研究組織

A01 「量子色力学にもとづく真空構造とクォーク力学」 (代表: 大野木哲也)

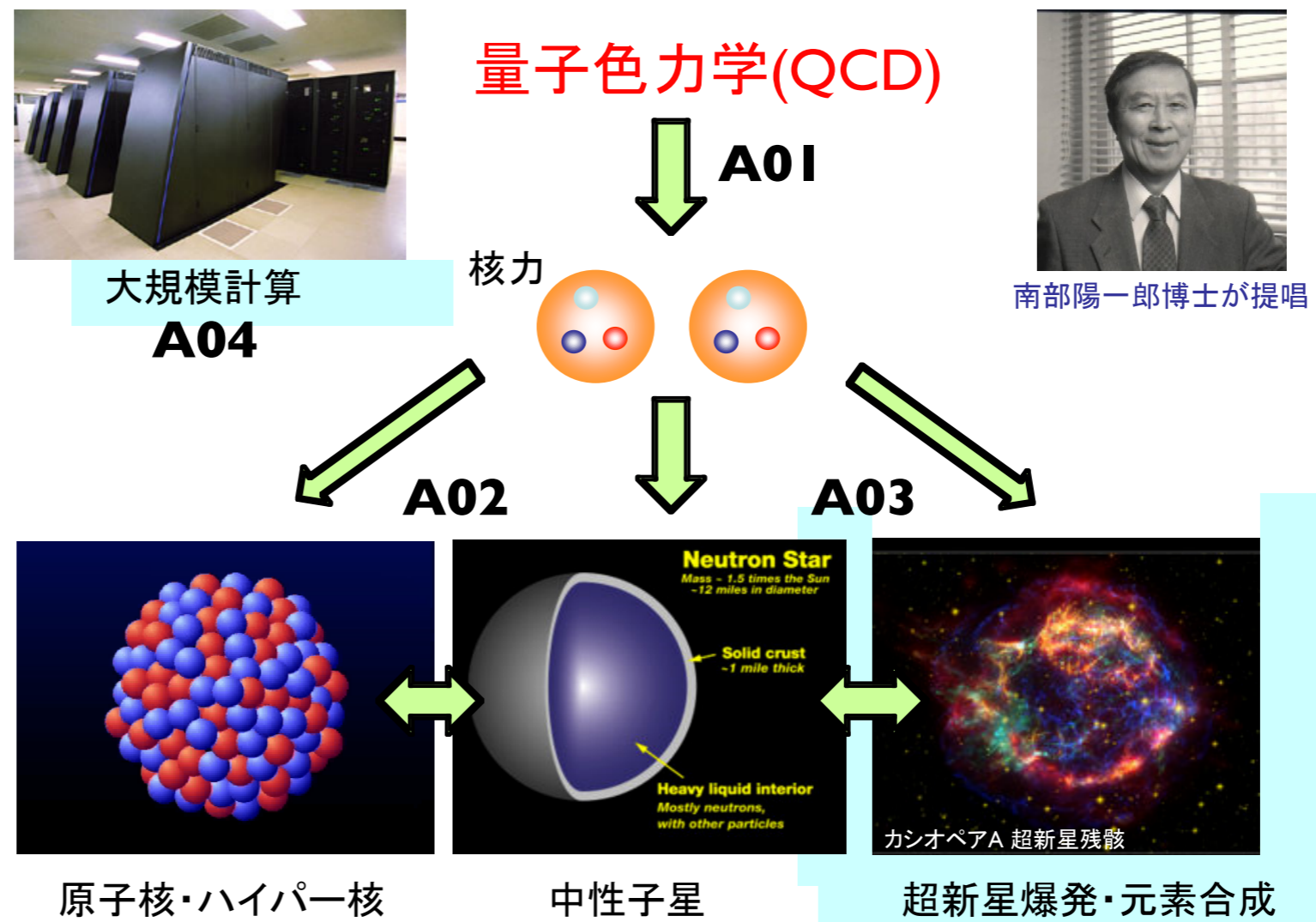
A02 「クォーク力学に基づく原子核構造」 (代表: 初田哲男)

A03 「クォーク力学・原子核構造に基づく爆発的天体現象と元素合成」 (代表: 鈴木英之)

A04 「分野横断アルゴリズムと計算機シミュレーション」 (代表: 松古栄夫)

公募研究

総括班



本領域計画の特徴

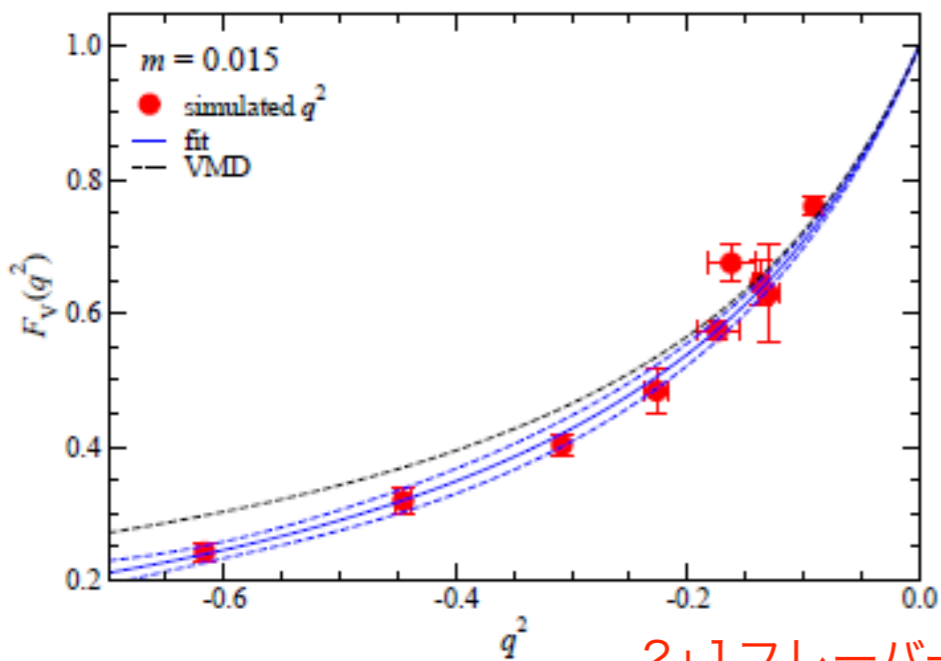
- 分野融合型
 - 各分野が個別に研究するのではなく、素粒子と原子核、原子核と宇宙などが連携して研究。
 - 連携を通じた人材育成。
- 計算科学という共通の研究手段
 - 共通アルゴリズムを分析し、研究をサポート。
 - 計算機工学者、応用数学者との連携。

A01班

2008年度 2+1フレーバー格子QCDのシミュレーションの方針と今後の検討

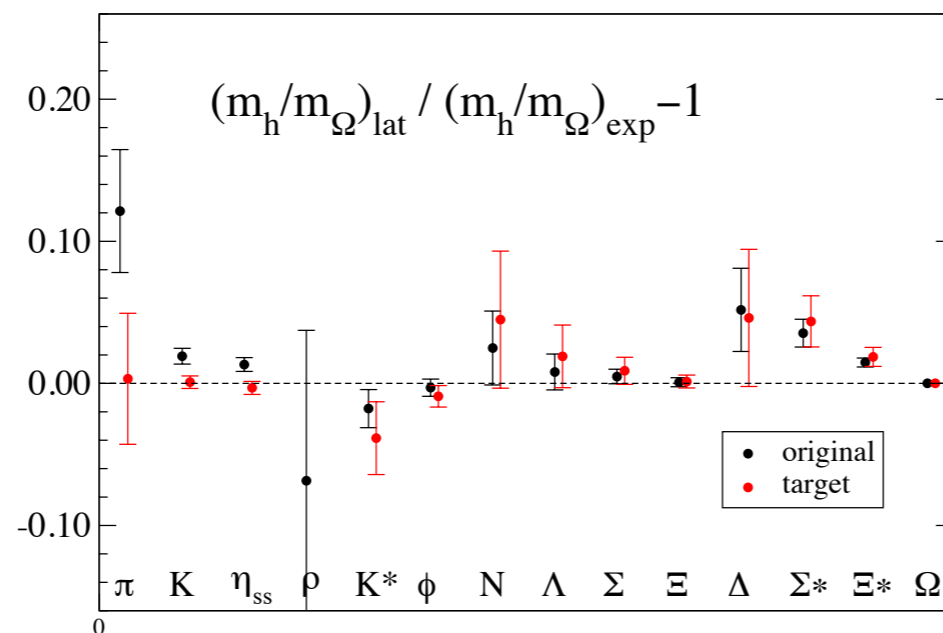
2009年度 (1)格子QCDのカイラルダイナミクス (a)カイラル摂動論との比較 (b)低エネルギー定数の決定 (c) π 中間子形状因子の決定 (d)真空偏極からの結合定数の決定 (2)物理的クォーク質量での2+1フレーバー格子QCDによるハドロンスpektrum (3)クエンチ近似の格子QCDによるヘリウム原子核の構成

2010年度 2+1フレーバー格子QCDによるクォーク質量の非摂動的繰り込み

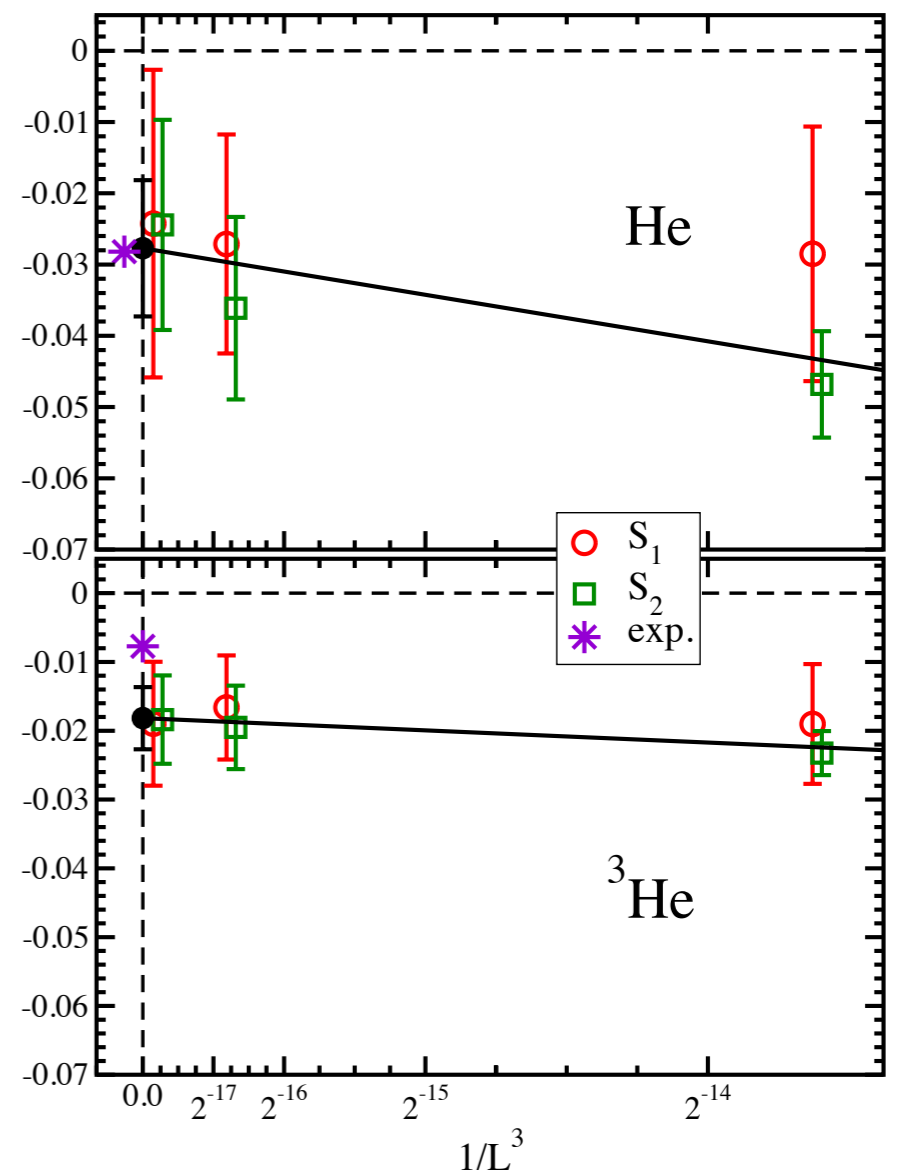


π 中間子の形状因子

2+1フレーバーQCDのハドロンスpektrum



He原子核の束縛エネルギーの体積依存性

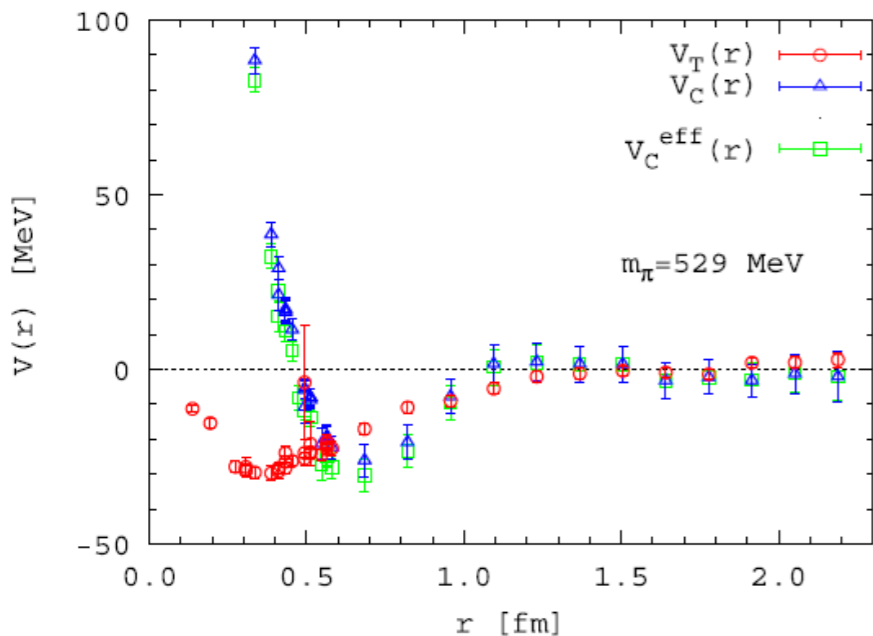


2008年度 連携方針の検討:(a)核力と核構造 (b)ハイペロン力とハイパー核・中性子星

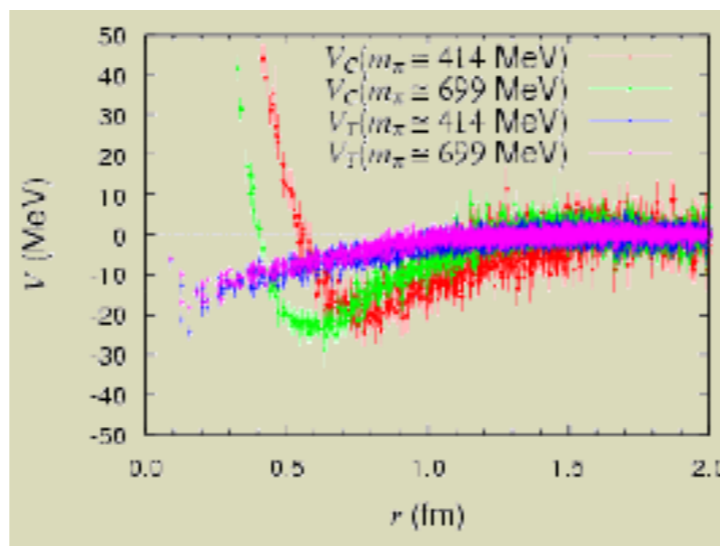
2009年度 (1)格子QCDによる核力の計算(a)テンソル力(b)フルQCD計算(c)演算子積展開による斥力芯の解析的研究(d)ハイペロン力(e)中間子核子ポテンシャル(f)中間子間ポテンシャル (2)モンテカルロ殻模型の計算コード開発とその高速化 (3)現実的核力を用いた原子核基底状態エネルギーの第1原理精密計算(^{56}Ni) (4)時間依存密度汎関数法によるHeからNiまでの原子核の光吸収断面積の系統的計算(4)クラスター変分法による有限温度一様非対称核物質の状態方程式の計算の進展

2010年度 (1)フレーバーSU(3)対称でのバリオン間相互作用の格子QCD計算 (2)格子QCDによる核力ポテンシャルを用いた少数多体系計算の開始 (3)中性子過剰核の存在限界に対する3体核力の影響の研究

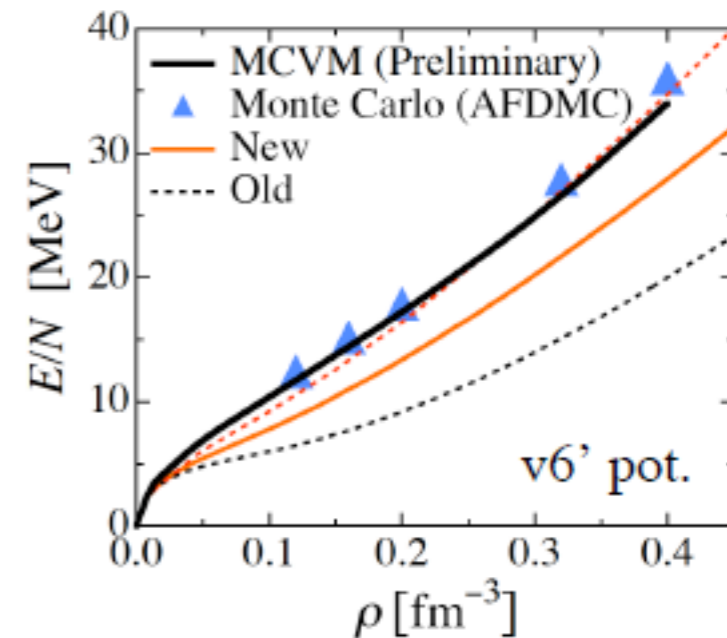
テンソルポテンシャル



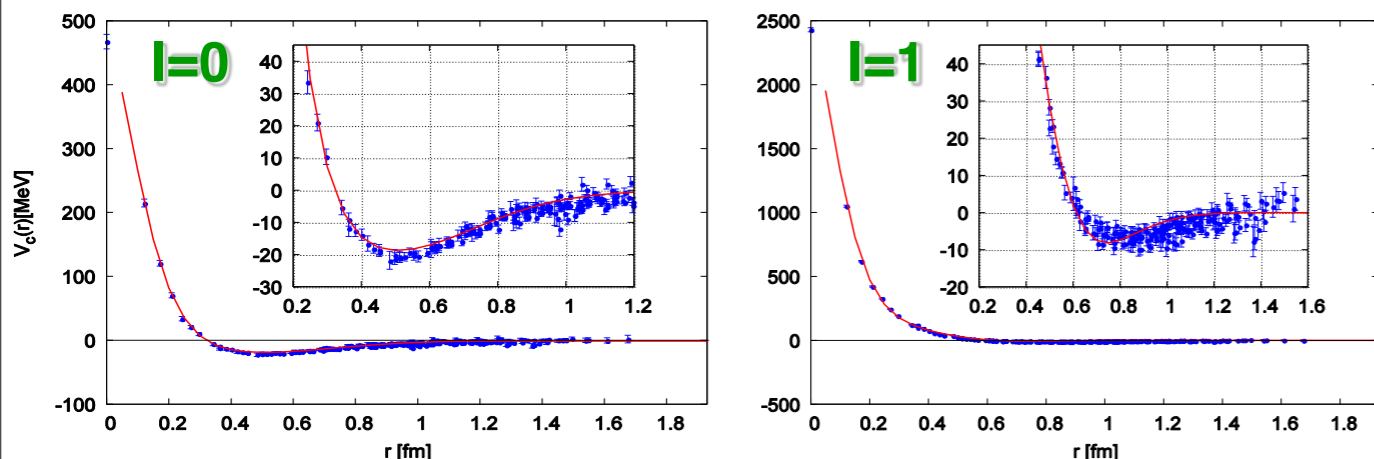
ΛN ポテンシャル(full QCD)



中性子物質のエネルギー

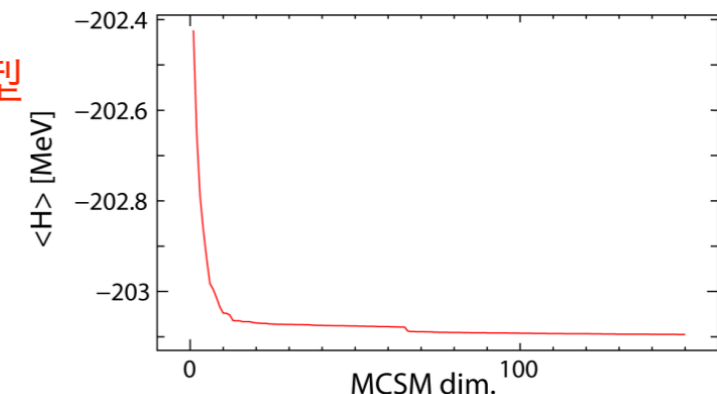


S波NK+ ポテンシャル



モンテカルロ殻模型の計算

^{56}Ni pf-shell 基底状態の計算結果



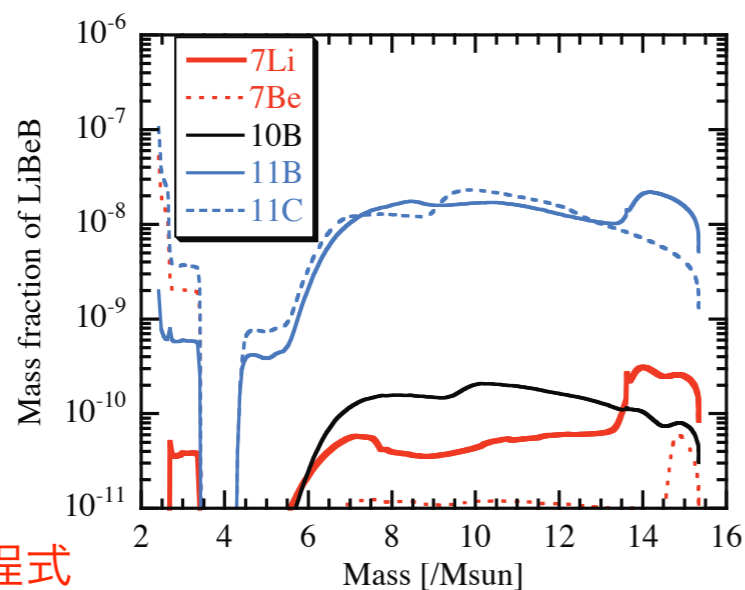
(10^9 次元の行列の対角化を140次元の行列に)

2008年度 (1)高密度物質状態方程式に対する多核種混合状態の重要性 (2)球対称ニュートリノ輻射流体計算コードによる重力崩壊型超新星シミュレーション (3)有限温度の現実的状态方程式を用いた連星中性子星シミュレーションコードの開発 (4)重力崩壊型超新星最深部での弱R過程元素合成 (5)超新星ニュートリノの物質振動の元素合成に与える影響

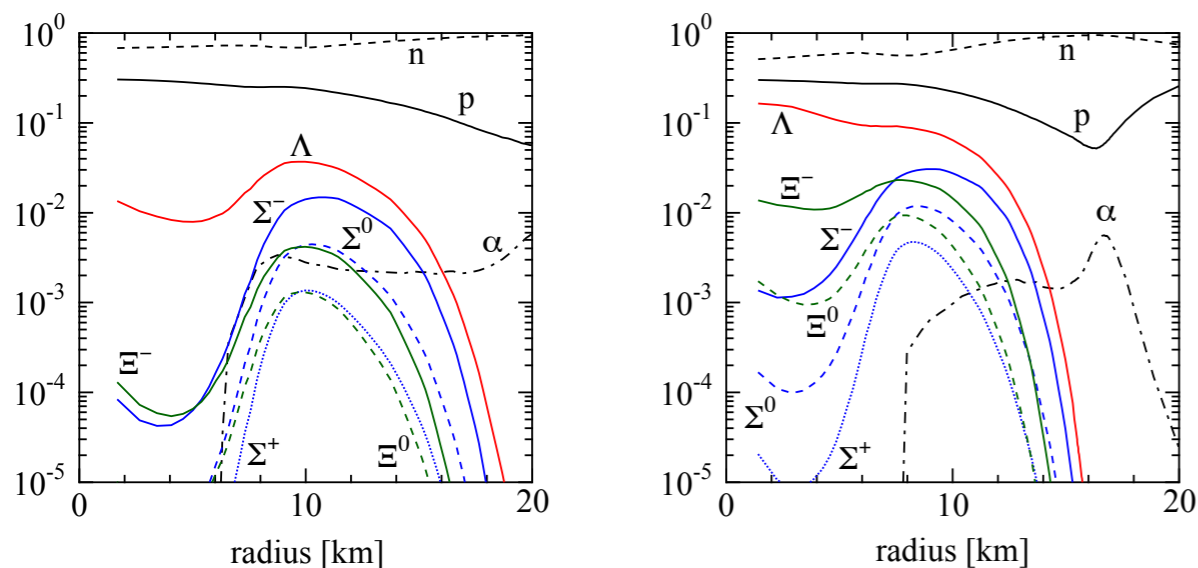
2009年度 (1)数値相対論に現実的状态方程式・ニュートリノ放射の寄与を組み込んだコードの開発と連星中性子星の合体への応用 (2)ブラックホール形成時の放出ニュートリノと高温高密度状態方程式の関係 (3)超新星爆発時のニュートリノ重陽子反応の加熱率への影響 (4)超新星近傍でのニュートリノ振動 (5)大質量星の質量放出物質の科学組成に対する自転の影響 (6)Ic型超新星爆発における元素合成ネットワーク

2010年度 (1)重力崩壊する星への星進化モデルの組み込み (2)フェルミ分布拡散近似を用いたニュートリノ輻射輸送と流体計算を組み合わせた超新星爆発コードの開発

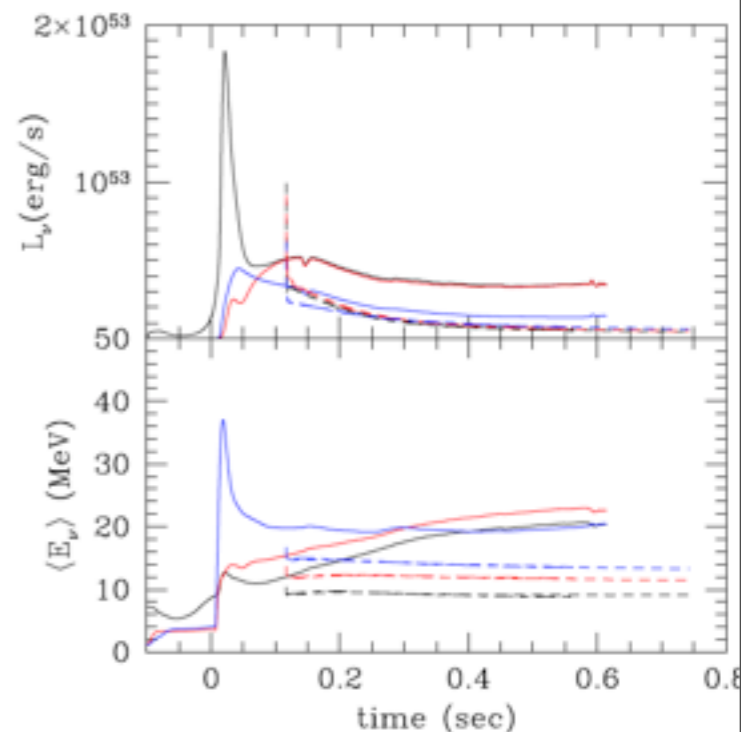
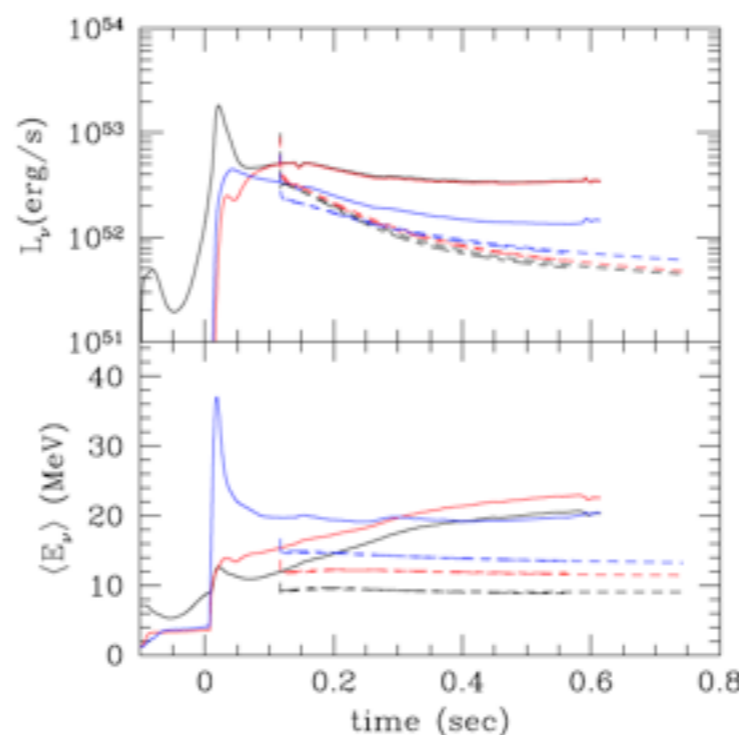
Ic型超新星爆発による軽元素合成
(ニュートリノ反応と核破碎)



ハイペロン状態方程式



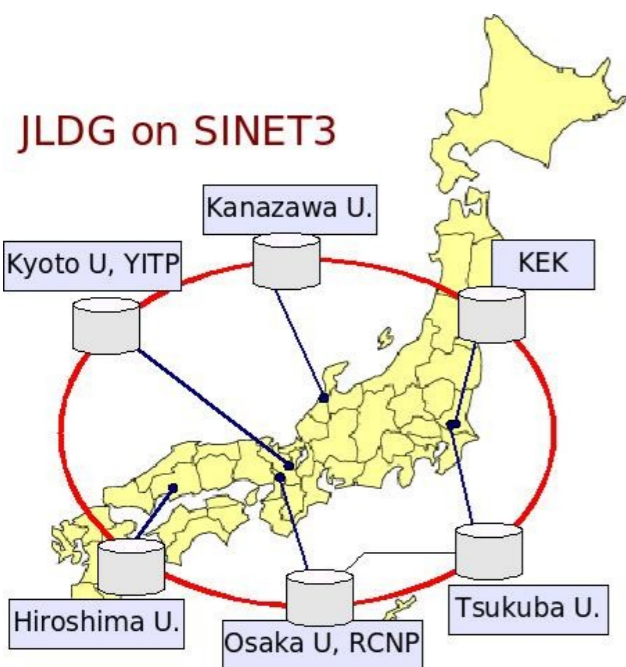
コアの重力崩壊からの流体計算と原始中性子星冷却計算の接続



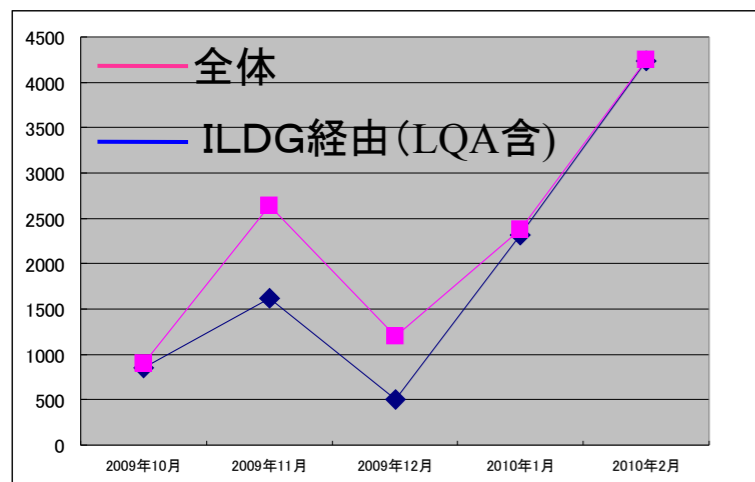
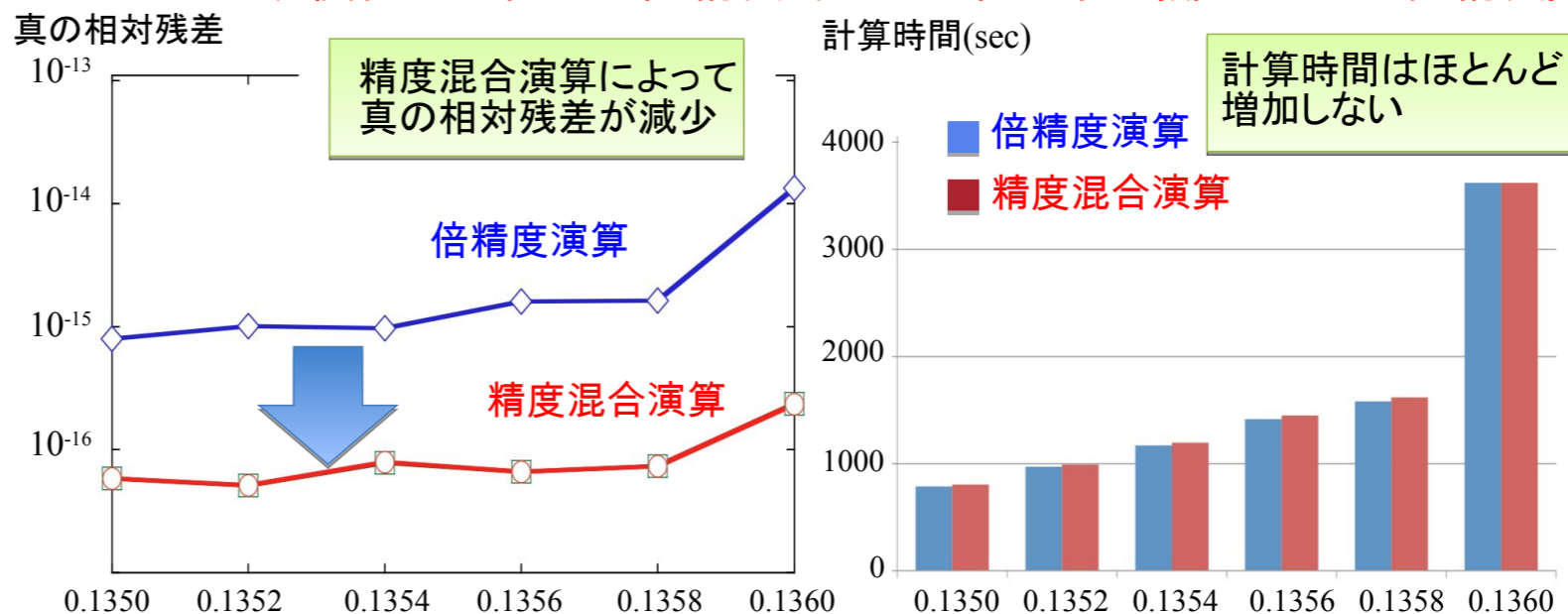
2008年度 (1)格子QCDや超新星爆発などに対する効果的なアルゴリズムや大規模並列化の手法の研究の準備 (2)GPGPUを搭載したクラスタ型並列計算サーバの導入 (3)JLDGのためのファイルサーバの導入

2009年度 (1)Block Krylov法の格子ゲージ理論への応用 (2)GPGPUやCell.B.E等の演算アクセラレータの講習会、研究会の開催 (3)超新星爆発シミュレーションの効果的な大規模並列計算方法開発の開始 (4)データ共有環境の整備およびその利用に関する講習会の開催、格子ゲージ理論のゲージ配位の公開 (5)格子ゲージ理論の共通コード開発プロジェクトの開始

2010年度 (1)数値計算アルゴリズムに関する連携と開発 (2)新しいFermiアーキテクチャによるGPGPUの導入 (3)JLDGへの公開データの追加と利用の促進 (4)格子ゲージ理論の共通コードの具体的な設計



大規模線形方程式の高精度解生成の高速化 (部分的に4倍精度)



新規Block Krylov 部分空間法

