

課題研究P3

「素粒子と原子核」

～ミクロな世界の全体像を探る～

<http://www-nh.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakusei/p3>

担当教官

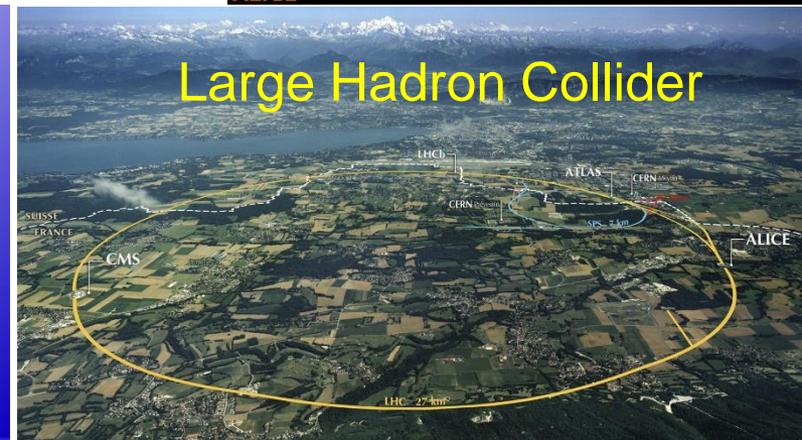
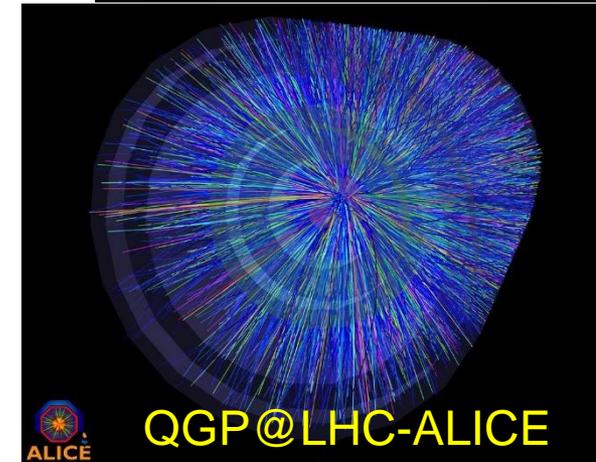
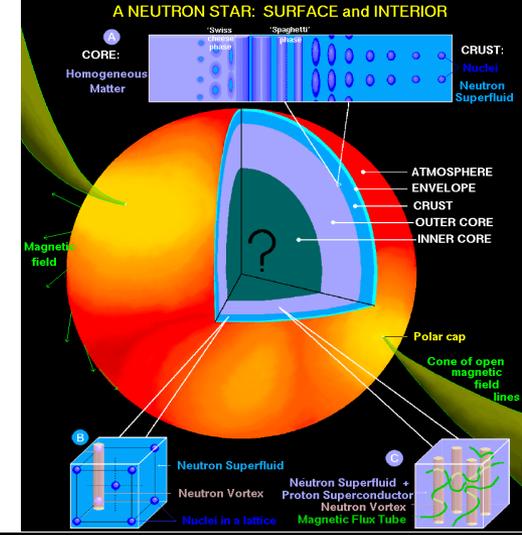
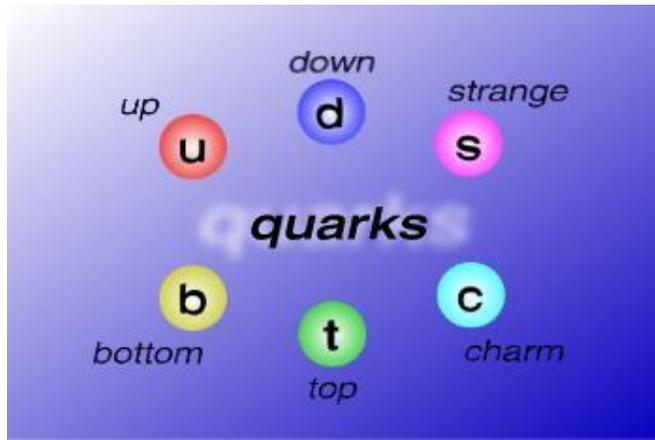
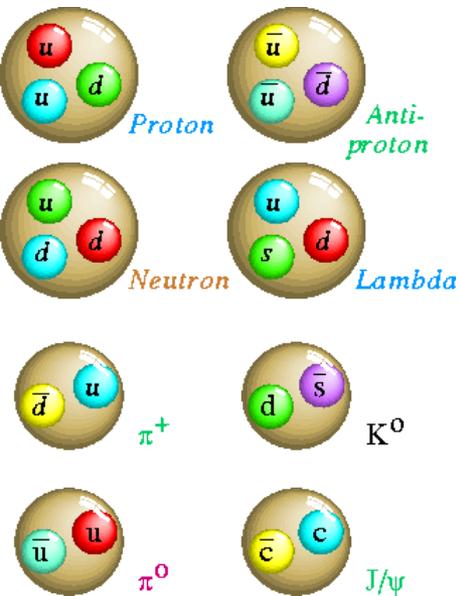
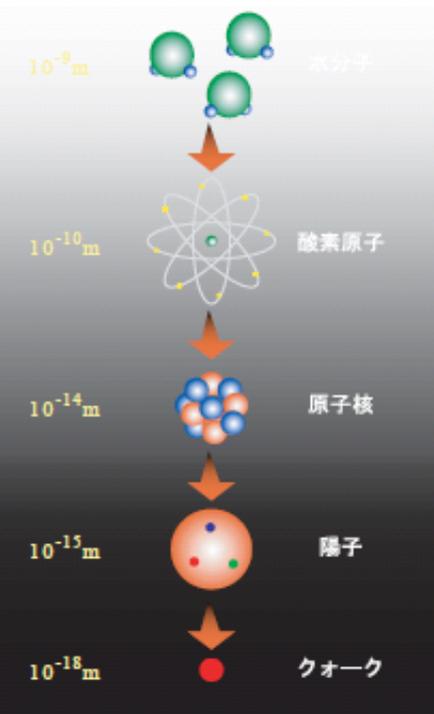
理論: 菅沼 秀夫

実験: 成木 恵

藤岡 宏之

前期: それぞれ週1回のゼミ

後期: 理論ゼミ + 実験作業



素粒子・原子核物理の研究領域

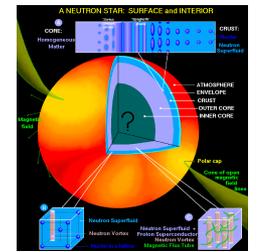
相
対
論



宇宙の初期状態
(QCD相転移)



重力 古典論



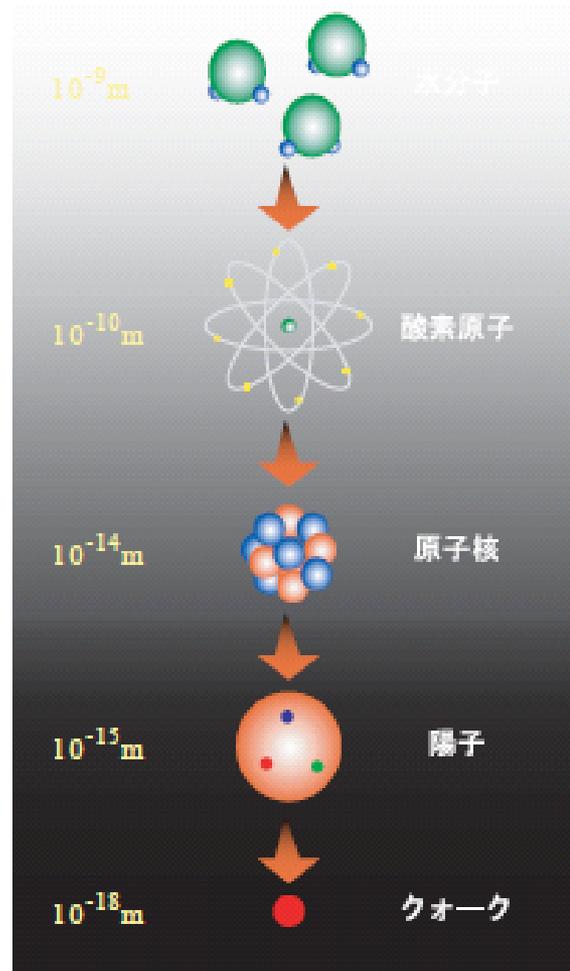
中性子星
(高密度物質)



電磁気力



物質の階層性と様々なスケール



電磁気力

量子論

強い相互作用

10⁻¹³cm = fm の
スケールの物理

弱い相互作用

素粒子・
原子核物理

QCD

相
対
論
的

理論

- 現代の素粒子原子核物理の概観
 - 標準理論(量子色力学QCD・電弱統一理論)からクォーク・ハドロン・原子核にいたる
ミクロな世界での多様な物理を概観する
 - 実験的な事実も含め総合的な理解を目指す

- ディラック方程式と量子電気力学(QED)
- パリティの破れとCPの破れ
- 電弱統一理論(Glashow-Weinberg-Salam模型)
- 小林・益川理論
- クォーク・パートン模型とクォーク模型
- 量子色力学(QCD)
- カイラル対称性の自発的破れ(南部の理論)
- 原子核の理論(殻模型・クラスター構造・集団運動・量子カオス...)
- クォーク・グルーオン・プラズマ(1兆度以上の世界)

理論ゼミ

- 現代の素粒子原子核物理の概観
 - ゼミ形式(週1回:曜日は相談して決める)
 - 標準理論からクォーク・ハドロン・原子核までを概観
 - 実験的な事実も含め総合的な理解を目指す
- パリティの破れやCPの破れはどのような実験事実から分かるのか？
- 電弱統一理論の実験的検証は？
- クォークやグルーオンの存在はどのような実験事実から得られたのか？
- クォークのカラーが3であることの実験的証明は？
- 宇宙初期の様相は実験でどこまで理解できるのか？ etc
- 前期:院入試もあるので基礎的な学習を日本語のテキストで行う
 - 「素粒子・原子核物理入門」(B.Povh 他著、柴田利明 訳)
- 後期:実験テーマ、学生の興味に応じてテキストや論文を選択
 - 使用したテキストの例
 - 「Gauge Theory of Weak interaction」(W.Greiner 他著)
 - 「Introductory Nuclear Physics」(S.Wong 著)
 - 原著論文の輪講

実験

- 前期:
 - 実験手法の学習(ゼミ形式)
 - 放射線検出の原理、統計、放射能と放射線の性質、...
 - 実験テーマの決定(学生主体)
 - 毎年異なった実験テーマを学生自身で考える
 - 素粒子・原子核関連の実験テーマならなんでもOK
 - 同じテーマでも様々な方法があり、独創的なアプローチでの研究も可能
 - オリジナルなアイデアを期待
- 後期:
 - 実験計画を立て、実行に移す
 - 装置作成・テスト、測定、解析、レポート作成、発表
 - 実験の研究とは何か、共同研究とは何か を肌で感じとってもらう
 - 必要に応じて勉強する
 - 加速器を用いた本格的な実験
(京大の加速器施設、阪大RCNPの加速器施設、播磨のSPring-8など)

格子QCD:スーパーコンピュータを用いて QCDの経路積分を数值的に解く！ 数値実験

経路積分を100万重積分程度に近似して計算



NEC SX-ACE @ RCNP

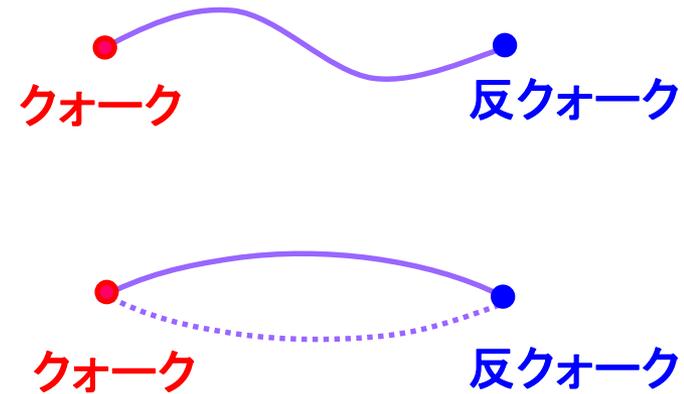
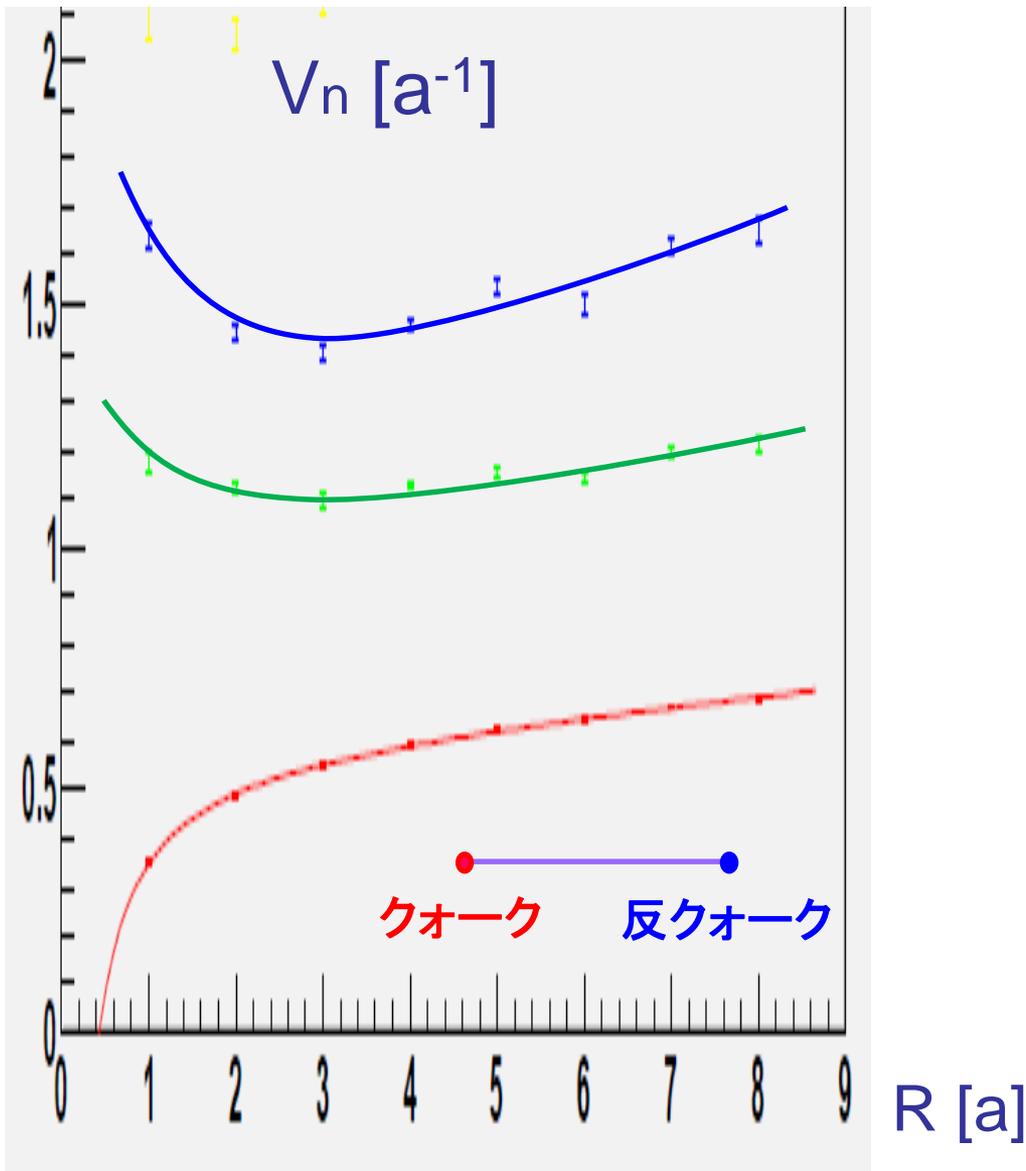


京 @ RIKEN

格子QCDによるハドロンのストリング励起の研究

$\beta = 6.4$, i.e., $a = 0.06\text{fm}$

[Doi, Fujibayashi, Tsutsui, Ueda et al.]



2つの海外での国際会議で学生(院生)が発表

過去の実験

- 2016年度 ・アハロノフ・キャッシャー効果の実験@京大中性子源
- 2015年度 ・原子核の形状因子(サイズと形)の測定@京大熊取
- 2014年度 ・GeV γ 線による電子-陽電子対生成実験@SPRING-8
- 2013年度 ・ γ 線による電子-陽電子対生成実験@京大中性子源
 - ・格子ゲージ理論(格子QCD)による理論的実験など
- 2012年度 ・EPR現象(パラドックス)の検証実験 ・ミュオン原子の生成実験
- 2011年度 ・パリティの破れの測定実験
 - ・格子ゲージ理論(格子QCD) : スーパーコンピュータを用いた理論的実験
- 2010年度 ・ $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu$ の崩壊分岐比の測定
 - ・Primakoff 効果を用いた π^0 の寿命測定
- 2009年度 ・重陽子ビームを用いたアルファクラスター状態の探索
 - ・様々な原子核に対する熱中性子捕獲断面積の測定
- 2008年度 ・閾値付近の γ 線の電子-陽電子対生成の断面積測定
- 2007年度 ・鏡映核の原子核反応を用いたアイソスピン対称性と破れの研究
- 2006年度 ・ μ 原子のX線計測による原子核の拡がりの測定
 - ・中性子過剰核 ^{11}Be の励起状態の寿命測定による中性子ハローの研究
- 2005年度 ・ β - γ 偏光相関によるパリティの破れの検証
- 2004年度 ・Ge検出器を用いた高分解能 γ 線分光による原子核形状の研究
 - ・(p,n)反応による β^+ 崩壊核 ^{63}Zn の生成とその β^+ ヘリシティの測定
- 2003年度 ・ニュートリノのヘリシティの測定