

研究種目：若手研究（B）
研究期間：2006～2008
課題番号：18740169
研究課題名（和文）高エネルギーハドロン散乱における高密度グルーオン状態の現象論的解析
研究課題名（英文）Phenomenological analysis of high density gluonic states in high energy hadron scatterings
研究代表者
板倉 数記（ITAKURA KAZUNORI）
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・助教
研究者番号：30415046

研究成果の概要：

高エネルギーの原子核・原子核衝突では、クォーク・グルオンプラズマという熱平衡状態が生成すると考えられており、それが衝突以前の原子核から如何にして時間発展をして生成するのかという重要な問題がある。この問題に対する端緒として、衝突直後の高密度グルオン場が「Nielsen-Olesen 不安定性」を示し、それが熱平衡化への最初の現象であることを唱えた。また、その現象の詳細な記述方法および帰結を明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,200,000円	0円	1,200,000円
2007年度	1,100,000円	0円	1,100,000円
2008年度	800,000円	240,000円	1,040,000円
年度			
年度			
総計	3,100,000円	240,000円	3,340,000円

研究分野：ハドロン物理

科研費の分科・細目：物理学・素粒子、原子核、宇宙線、宇宙物理

キーワード：ハドロン物理、量子色力学、高エネルギー散乱

1. 研究開始当初の背景

高エネルギーのハドロン散乱を量子色力学によって定式化すると、従来のハドロンに対する描像とは全く異なった、高密度に飽和したグルーオンの状態が重要であることが認識され、それは「カラーガラス凝縮(Color Glass Condensate, CGC)」と名付けられた。本研究を開始する時点では、このCGCの定式化が完成し、陽子の深非弾性散乱に対して適用され、一定の成功を収めていた。しかし、高エネルギーの重イオン衝突に対する適用はされていなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、CGCの枠組みを用いて、重イオン衝突実験で測定される様々な物理量を計算する事であった。そのためにまず必要なことは、衝突前のCGCで与えられる状態を初期条件として、(おそらく生成するであろう)クォーク・グルオンプラズマ状態までの時空発展を理解することであり、これも同様に重要な目的に含まれる。なお、この過程は、熱平衡状態への移行であるから本質的に非平衡現象であり、その観点からも重要な問題と言える。

3. 研究の方法

本研究で最も重点的に行ったのは、重イオン衝突における熱平衡化の問題である。重イオン衝突直後の状態は、初期条件として与えられる CGC (高密度グルオン状態) からの連続的な記述として、強いグルオン場を古典的に扱う方法が適している。すなわち、古典的 Yang-Mills 方程式を CGC で与えられる初期条件のもとで膨張系において解く、というのが基本的な手法になる。

4. 研究成果

CGC の与える初期条件は、グルオン場に対して衝突軸の方向に強い場があり、それが衝突軸と垂直方向にはランダムとなるような、フラックスチューブの集まりのように記述される。そこで、このフラックスチューブの時間発展を考察した。その結果、フラックスチューブが垂直方向へ広がるにつれてチューブ内部の場が弱くなる様子が解析的に理解され、数値計算との定性的な一致を見た。また、さらにこのフラックスチューブが衝突軸方向の揺らぎについて不安定であることを明らかにした。これは、非可換ゲージ理論に特有の「Nielsen-Olesen 不安定性」と呼ばれるものであり、これが重イオン衝突で顕在化するという事は、本研究によって初めて指摘された。さらに、この不安定性の持つ特徴は、数値計算との定性的に一致している。これらの成果は、重イオン衝突の熱平衡化のプロセスに対する、衝突後の最初期の重要なダイナミクスに相当するものである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

主なもののみ挙げる

- ① K. Itakura, “Can the color glass condensate describe early thermalization?” Progress of Theoretical Physics Supplement, 168 (2007) 295-302. 査読無
- ② H.Fujii, and K.Itakura, “Expanding color flux tubes and instabilities” Nuclear Physics A 809 (2008) 88-109. 査読有
- ③ H.Fujii, K.Itakura and A.Iwazaki, “Instabilities in non-expanding glasma” Nuclear Physics A (掲載予定) 査読有
- ④ 板倉数記 『衝突から熱平衡まで: 強ゲージ場、不安定性、粒子生成』原子核研究 52 Supplement 1, (2007) 40-51. 査読無

[学会発表] (計 9 件)

招待公演のみを挙げる

- ① 板倉数記 “High energy QCD at LHC” 日本物理学会 2007 年 9 月 23 日 北海道大学
- ② K.Itakura, “Color Glass Condensate and the Glasma” Fundamental problems in hot and/or dense QCD, 2008 年 3 月 5 日 京都大学
- ③ K.Itakura, “Glasma instabilities” International program “Initial conditions in heavy-ion collisions” 2008 年 9 月 4 日 インド ゴア国際センター
- ④ K.Itakura, “High-Energy Heavy-Ion Collisions: from CGC to Glasma” 38th International Symposium on Multiparticle Dynamics (ISMD08) 2008 年 9 月 15 日 ドイツ DESY 研究所
- ⑤ 板倉数記 「高エネルギーハドロン散乱: 理論の最前線」日本物理学会 2008 年 9 月 21 日 山形大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

板倉 数記 (ITAKURA KAZUNORI)

高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・助教

研究者番号: 30415046