

氏名	水野 三四郎			
学位の種類	博士（理学）			
学位記番号	博 甲 第 7497 号			
学位授与年月日	平成 27 年 4 月 30 日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	数理物質科学研究科			
学位論文題目	Measurements of Direct Photon Higher Order Azimuthal Anisotropy in $\sqrt{s_{NN}}=200\text{GeV}$ Au+Au Collisions at RHIC-PHENIX (RHIC-PHENIX 実験における $\sqrt{s_{NN}}=200\text{GeV}$ 金・金衝突での直接光子の高次方位角異方性の測定)			
主査	筑波大学准教授	博士(理学)	江角 晋一	
副査	筑波大学教授	理学博士	三明 康郎	
副査	筑波大学講師	博士(理学)	中條 達也	
副査	筑波大学教授	博士(理学)	小沢 顕	

論 文 の 要 旨

米国ブルックヘブン国立研究所(BNL)の相対論的重イオン衝突型加速器(RHIC)を用いて、PHENIX 実験において核子あたり200GeV の金・金衝突実験を行い、衝突において発生する様々な粒子を測定する事により、高温・高密度の初期宇宙の物質状態であるクォーク・グルーオン・プラズマ(QGP)の研究を行った。発生粒子のうち、光子は初期衝突から衝突後期のフリーズアウト時までの様々な時点において、様々な過程により生成される。さらに高温・高密度のクォーク・核物質と光子の相互作用が、同時に多く作られる他のハドロンに比べ小さいため、光子を測定する事により、衝突過程のそれぞれの時点の情報を引き出す事ができると期待される。しかし、実験的には特に π^0 中間子等のハドロンの崩壊から来る寄与がその大部分を占め、その寄与は衝突終状態のハドロン測定により得られる情報と同じであるため、特にこれらハドロン崩壊等から来る光子を差し引いた光子の成分を直接光子と呼び、衝突の時間的发展の様子や高温・高密度のクォーク・核物質の性質を調べるために、この直接光子を指針とした様々な実験的測定が行われている。本研究では、特に直接光子の高次方位角異方性を測定する事により、高エネルギー重イオン衝突実験で再現されるクォーク・グルーオン・プラズマの温度や、膨張發展の様子を調べる事を目的とする。

直接光子の2次、3次、4次の方位角異方性 v_2, v_3, v_4 を測定し、特に、高い横方向運動量領域 4~5 GeV/c 以上の領域では小さな異方性の大きさを示した。これは、原子核吸収係数 R_{AA} が1に近いという、これまでの実験結果、つまり、衝突初期のパートンの強散乱により生成される直接光子が高温・高密度の

クォーク・核物質との相互作用が小さい事を裏付ける証拠を得た。一方、低い横方向運動量領域 2~3 GeV/c 以下の領域では、驚くべき事に他のハドロンと同程度の大きな異方性の大きさを示した。これは、先の観測結果から衝突初期の特に高温のクォーク・核物質からの熱放射による光子が支配的な領域であると考えられるため、膨張発展が進む以前の小さな異方性を持つ光子の寄与が予測されていた。しかし、観測結果は、衝突後期の膨張発展の大きな時期からくるハドロンの異方性と同程度の大きな異方性を持つ光子の寄与が大きい事を観測した。

これらの実験結果を解釈するために、流体力学的膨張発展を形式化したフィッティング関数である Blast Wave 模型を用いた計算や、衝突系の温度や膨張速度の時間発展を仮定した計算と、実験結果を比較した。これらの解析により、観測した直接光子の高次方位角異方性の結果は、半径方向に大きな膨張速度を持ち、かつ異方性を持った膨張発展を伴う高温・高密度のクォーク・核物質の衝突系から、衝突後期に生成される直接光子からの寄与が支配的である事を引き出した。さらに、初期パートンの強散乱を起源とした直接光子の異方性を 0 と仮定する事により、その中間横方向運動量領域 3~4 GeV/c の領域に、パートンの QGP 中でのエネルギー損失や、QGP 中の光子生成相互作用等の、熱光子以外を起源とした直接光子の新たな成分がある可能性を示唆する結果を得た。

審 査 の 要 旨

〔批評〕

BNL 研究所の RHIC 加速器によるエネルギー領域での直接光子を用いた高次方位角異方性測定を行った。特に、3 次以降の異方性の直接光子をもちいた測定は世界でも初めての試みである。直接光子パズルと呼ばれる、低い横運動量領域での直接光子の熱放射の温度と、終状態のハドロンと同程度の異方性の大きさを合わせ持つ事は、多くの研究者を悩ませているが、それに対する一つの解釈の可能性を示す事ができた。

〔最終試験結果〕

平成 27 年 3 月 7 日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。