

氏名(本籍)	益井 宙 (島根県)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博甲第4501号		
学位授与年月日	平成19年10月31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	Measurement of Centrality Dependence of Elliptic Flow for Identified Hadrons in Au+Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV (重心系核子対あたり 200 GeV の金・金衝突における識別された荷電ハドロン の楕円フローの衝突中心度依存性の測定)		
主査	筑波大学教授	理学博士	三明 康郎
副査	筑波大学教授	理学博士	金谷 和至
副査	筑波大学准教授	理学博士	小沢 顕
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	江角 晋一
副査	筑波大学講師	博士(理学)	中條 達也

論文の内容の要旨

著者は核子あたり 100GeV の金原子核同士を衝突させ中心ラピディティ領域に生成する陽子, K 中間子, π 中間子などを識別測定し, それら粒子の反応面に対する方位角異方性を様々な条件の下で測定した。著者は, まず, それぞれの非中心衝突事象において反応平面の方位角を決定し, その信頼性を検証した。高統計データを収集し, 生成された荷電ハドロンについて磁場による運動量解析, 飛行時間測定法によって識別・測定した。そして, 種々の生成ハドロンについて楕円の方位角異方性や横運動量分布の系統的測定を行った。クォーク・グルオンプラズマが生成されたとする根拠のひとつとされている楕円の方位角異方性のクォーク数スケーリング則の系統的検証, さらに, 流体力学的膨張モデルによる衝突初期状態に関する研究を行ったものである。

量子色力学の計算によれば, 非常に高温高密度状態になると, クォークはハドロンへの閉じ込めから開放されて, クォークとグルオンのプラズマ状態 (QGP) に相転移すると予測されている。相対論的高エネルギー重イオン衝突では, 持ち込まれた運動エネルギーの 1 部が原子核程度の小さな空間領域に放出されるため, 高温高密度状態となった反応中心部は QGP 相転移をひき起こすと考えられる。相対論的高エネルギー重イオン衝突実験によってクォーク・グルオンプラズマを実験室で生成し, その性質を明らかにすることは, 原子核物理学のみならず宇宙の歴史の観点においても, 最先端研究として注目されているところである。

著者を含む研究グループでは, 米国ブルックヘブン国立研究所で RHIC と呼ばれる衝突型加速器を利用した国際共同実験 PHENIX を推進している。既に, ①飛行時間測定器によるハドロン粒子の識別と, ②相対論的高エネルギー重イオン衝突における反応平面解析技術, の 2 点を確立しており, その解析技術から, (I) バリオン収量の異常増加現象 (Baryon Dominance), (II) 大きな方位角異方性と, その粒子依存性 (Mass Ordering of v_2) という発見を行い, 特徴的なハドロン生成機構としてのクォーク融合モデルの成立と u, d, s などの軽いクォークの集団運動を明らかにしてきた。

本論文では、上記の荷電ハドロン識別技術と、反応平面解析技術を駆使して、大きな方位角異方性の起源に迫るべく、従前より遥かに多いデータ量を収集することによって、横運動量依存性、衝突中心度依存性、さらには、陽子とほぼ同等の質量を持つファイ中間子、重陽子などの方位角異方性の系統的測定をなしとげたものである。クォーク・グルオンプラズマがこれらの衝突によって生成されていることの重要な根拠とされたクォーク数スケール則をこれらの高統計データおよび新しいデータで成立しているか検証したものである。さらに、流体力学的膨張模型において、反応関与部の幾何学的異方性と温度が如何に楕円方位角異方性と横運動量分布に反映されるかを検討し、当該模型において楕円方位角異方性が反応初期の状態をより明確に反映している観測量であること、また、温度、膨張速度と横膨張指数の3つのパラメーターで陽子、K中間子、 π 中間子の横運動量分布と楕円方位角強度の特徴的振る舞いを定量的に再現できることを示した。反応初期における熱化の重要な根拠を与えると共に、クォーク・グルオンプラズマの性質の理論的解析に重要な手掛かりを与えるものである。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、核子あたり 100 GeV の金原子核同士の衝突において生成された各種ハドロンの楕円方位角異方性と横運動量分布を高精度かつ系統的に測定を行ったものである。クォーク・グルオンプラズマの生成とクォーク融合模型の成立を広範かつ高精度で確認することに成功したもので、その意義は大きい。膨張模型を流体力学的視点において拡張し、各種ハドロンの楕円方位角分布と横運動量分布を半定量的ではあるが、統一的理解が出来ることを示唆したことも高く評価される。著者の論文は多数の国際会議や Physical Review Letters への投稿からも多くの研究者の注目するところとなっており、当該分野への貢献は著しいものがあり、原子核物理学の進展に多大な貢献をするものと評価できる。

よって、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。