

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	フェルミ研のドレル・ヤン実験SeaQuestにおける最近の陽子中の反クォークのフレーバー非対称度測定
Title(English)	Recent Measurement of Flavor Asymmetry of Antiquarks in the Proton by Drell-Yan Experiment SeaQuest at Fermilab
著者(和文)	永井慧
Author(English)	Kei Nagai
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10397号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:柴田 利明,中村 隆司,久世 正弘,實吉 敬二,河野 俊之
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10397号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	永井 慧		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	柴田 利明	教授	審査員	實吉 敬二	准教授
	審査員	中村 隆司	教授			
		久世 正弘	教授			
河野 俊之		教授				

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は 'Recent Measurement of Flavor Asymmetry of Antiquarks in the Proton by Drell-Yan Experiment SeaQuest at Fermilab' と題し、陽子中の反アップクォーク ( $\bar{u}$ ) と反ダウンクォーク ( $\bar{d}$ ) の存在量の非対称度について、実験データ解析のために新しく開発した方法とそれを用いた結果とを示している。本研究の実験は SeaQuest と呼ばれ、アメリカ・フェルミ国立加速器研究所の 120 GeV 陽子ビームと固定標的の水素および重水素を用いて行われた。

陽子の基本的な量子数は 3 つのクォーク uud を用いて記述することができるが、高エネルギー散乱などの短距離の事象においては陽子中の反クォークやグルーオンも重要な役割を果たす。反クォークはグルーオンからのクォーク・反クォーク対の生成によってできる。このようなクォーク、反クォークを海(sea)クォークと呼ぶ。グルーオンとクォークの結合定数は量子色力学 (QCD) によればクォークのフレーバーには依存しない、即ちフレーバー対称なので  $\bar{u}$  と  $\bar{d}$  の量は同じであると予想されるが、レプトン深非弾性散乱実験によって  $\bar{d}$  の方が  $\bar{u}$  よりも多く存在するということが明らかにされている。更にドレル・ヤン実験で比  $\bar{d}/\bar{u}$  が  $x$  の関数として測定されたが、その  $x$  の測定領域は、これまででは 0.35 までに限定されていた。  $x$  は Bjorken  $x$  とも呼ばれ、陽子の運動量に対するパートンの運動量の比である。SeaQuest では、より広い  $x$  の領域、即ち  $0.1 < x < 0.58$  で測定を行った。ドレル・ヤン反応はその過程に必ず反クォークが含まれるので、反クォークの研究をするのに適した過程である。

本論文は 7 つの章によって構成されている。

第 1 章 Introduction では、本研究の背景と本研究の概要を述べている。

第 2 章 Nucleon Structure では、陽子内の  $\bar{u}$  と  $\bar{d}$  のフレーバー非対称性に関する実験の手法と現在までの経緯を説明し、ドレル・ヤン反応の運動学や SeaQuest 実験の動機を述べている。

第 3 章 SeaQuest Experiment では、SeaQuest 実験に用いる粒子加速器および磁気スペクトロメータについて記述している。SeaQuest ではドレル・ヤン反応で発生するミュオン対を測定する。本研究において磁気スペクトロメータの建設、特にドリフトチェンバーの製作を行い、所定の性能を達成したことが記述されている。

第 4 章 Data Analysis では、実験データの解析方法とその結果を記述している。ミュオンのトラッキング効率は陽子ビームの強度とともに減少する傾向があるが、それを正しく補正することが重要である。本研究では chamber occupancy に着目し、それに基づいてトラッキング効率を補正する方法を新しく開発して実際にデータに適用している。chamber occupancy とはドリフトチェンバー 1 台あたり約 1000 本あるワイヤーのうちのヒット数のことである。データ解析により陽子-陽子、陽子-重陽子反応のドレル・ヤン断面積比を導出した。

第 5 章 Extraction of  $\bar{d}/\bar{u}$  ratio では、前章の断面積比から比  $\bar{d}/\bar{u}$  を導出している。  $0.1 < x < 0.45$  では  $\bar{d}/\bar{u} > 1$  でありフレーバー非対称性を示している。  $0.45 < x < 0.58$  では  $\bar{d}/\bar{u}$  は誤差の範囲で 1 に等しい。

第 6 章 Discussion of the Result では、同じデータについて以前に行われた別の解析方法との比較をし、本研究で開発された解析方法を用いると以前の解析方法よりも約 40% 多くのデータを有効に使えることを報告している。別の実験の結果との比較や、理論的なモデルとの比較も示されている。

第 7 章 Summary and Conclusion では、本研究のまとめと今後の展望を述べている。本研究の結果が量子色力学の今後の研究に重要な意義を持つことが述べられている。様々なハドロン反応のシミュレーションに入力として使われている反クォークの分布関数の精度を高める、という実用的な効果もあることが述べられている。

以上のように、本論文ではドレル・ヤン反応の実験を行い、その実験データから新しい解析方法を用いて陽子中の反クォークの比  $\bar{d}/\bar{u}$  を導出してフレーバー非対称であることを示している。本論文は申請者の測定器製作、データ解析の両面にわたる優れた研究能力を示すと同時にこの分野の研究の進展に貢献するものであり、博士 (理学) 論文として高い価値があるものと認められる。