

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	基礎物理学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (理学) Academic Degree Requested Doctor of
学生氏名： Student's Name	永井 慧		指導教員 (主)： Academic Advisor(main) 柴田 利明
			指導教員 (副)： Academic Advisor(sub) 中村 隆司

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

陽子は、クォーク、反クォーク、およびグルーオンから構成されている。反クォークは sea クォークであり、グルーオンの乖離によってクォークと対になって生じる ($g \rightarrow q\bar{q}$)。本論文では、反クォークのうち d の反クォークである \bar{d} 、および u の反クォークである \bar{u} が研究のテーマである。量子色力学 (QCD) によれば、グルーオン乖離が起きる確率を決める結合定数は、クォークのフレーバーに依らない。したがって、陽子中の \bar{d} の総量と \bar{u} の総量は等しいと従来考えられてきた。しかし 1991 年に CERN で行われた NMC 実験は、深非弾性散乱実験を用いて、陽子中の \bar{d} の総量が \bar{u} の総量よりも多いことを示した。その後、フェルミ国立加速器研究所 (フェルミラボ) の E866 実験は、Drell-Yan 過程を用いて \bar{d}/\bar{u} の Bjorken x 依存性を $0.015 < x < 0.35$ の範囲で測定した。ここで Bjorken x とは、陽子の運動量に対するパートン (クォークや反クォーク) の運動量の割合である。 \bar{d}/\bar{u} は陽子中の \bar{d} と \bar{u} の非対称性を表すので、フレーバー非対称度と呼ばれる。E866 実験によれば、 \bar{d}/\bar{u} は $x \sim 0.2$ で最大値 1.7 をとり、 \bar{d} の総量が \bar{u} の総量よりも多いという NMC 実験の結果を支持している。一方で、 $x \sim 0.3$ では \bar{d}/\bar{u} は 1.0 と一致するか 1.0 よりも小さいことを示唆しているが、統計誤差が大きく結論には至っていない。

陽子中の反クォークのフレーバー非対称度を理解することは、QCD の課題の 1 つである。格子 QCD による第一原理に基づく研究や、中間子雲モデルなどのハドロン有効模型による研究は、反クォークのフレーバー非対称度によって検証することができる。したがって、E866 実験までで測定されていなかった、大きな x 、そして広い x の領域での高精度な \bar{d}/\bar{u} の測定が重要である。

SeaQuest 実験は、フェルミラボで行われている Drell-Yan 実験である。Drell-Yan 過程とは、核子同士の衝突において、核子中のクォークともう一方の核子中の反クォークが対消滅して仮想光子を生成し、レプトン対に崩壊する過程である。SeaQuest 実験では、120 GeV の陽子ビームと水素および重水素標的を用いて、陽子-陽子および陽子-重陽子の Drell-Yan 過程によって生じるミュオン対を測定する。測定したミュオン対の個数を用いて、 $0.15 < x < 0.45$ の範囲で反クォークのフレーバー非対称度 \bar{d}/\bar{u} を決定することが SeaQuest 実験の目的である。

本論文では、陽子-陽子および陽子-重陽子の Drell-Yan 過程の反応断面積比 $\sigma_{pp}/2\sigma_{pd}$ の導出、およびそれを用いた陽子中の反クォークフレーバー非対称度 \bar{d}/\bar{u} の導出について述べる。

反応断面積比 $\sigma_{pp}/2\sigma_{pd}$ の導出には、陽子-陽子および陽子-重陽子の Drell-Yan 過程によるミュオン対の検出数を用いる。高いビーム強度での実験では、磁気スペクトロメータでの荷電粒子の飛跡再構成の効率を正確に制御することが重要である。飛跡再構成の効率は、ドリフトチェンバーの occupancy に依存する。Occupancy とは、ドリフトチェンバー 1 台の約 1000 本のワイヤーのうちのヒット数のことである。本論文では、飛跡再構成の効率によるミュオン対の数の補正を、occupancy に基づいて行う新しい方法を開発し、解析に取り入れた。この補正方法は、検出器の実際の応答を反映しているため信頼性が高く、反応断面積比に対する系統誤差も良く制御できている。

反応断面積比を用いて、反クォークのフレーバー非対称度 \bar{d}/\bar{u} を $0.1 < x < 0.58$ の範囲で導出した。 $0.1 < x < 0.45$ の範囲では、フレーバー非対称度 $\bar{d}/\bar{u} > 1.0$ であり、 $0.45 < x < 0.58$ の範囲では、 \bar{d}/\bar{u} は 1.0 と誤差の範囲で一致するという結果を得た。この結果と、以前の実験結果、および代表的な理論モデルである中間子雲モデルと Statistical Model との比較を行った。

フレーバー非対称度 \bar{d}/\bar{u} の実験結果は、理論モデルの妥当性の検討に用いられる。本論文の結果は、広い x の範囲での結果であり、QCD やハドロン有効模型による陽子構造の解明に貢献する。反クォークのパートン分布は、例えばハドロン反応における W^\pm 生成などのシミュレーションを様々な実験において生成する際にも用いられる。新しい反クォークの分布関数は、シミュレーションをより精密に向上させることに役立つ、重要な情報である。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	基礎物理学	専攻	申請学位 (専攻分野) : 博士 Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(理学)
学生氏名 : Student's Name	永井 慧		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	柴田 利明	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	中村 隆司	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The proton consists of three valence quarks, sea quarks and gluons. The sea quarks are generated from the gluon splitting: $g \rightarrow q + \bar{q}$. According to QCD (Quantum Chromodynamics), the gluon splitting is independent of the quark flavor. It suggests that the amounts of \bar{d} and \bar{u} should be the same in the proton. However, the NMC experiment at CERN found that the amount of \bar{d} is larger than that of \bar{u} using the deep inelastic scattering in 1991. The E866 experiment at Fermilab measured the flavor asymmetry of the antiquarks (\bar{d}/\bar{u}) in the proton as a function of x using the Drell-Yan process in $0.015 < x < 0.35$. Here, x is Bjorken x , which is the fraction of the momentum of the parton to the proton. The E866 experiment reported the flavor asymmetry as much as 70% around $x = 0.2$. The SeaQuest experiment aims to measure accurately the flavor asymmetry \bar{d}/\bar{u} in a wider and higher x range, $0.15 < x < 0.45$, using the Drell-Yan process.

In this thesis, the result of the data analysis of the flavor asymmetry \bar{d}/\bar{u} in the proton in SeaQuest is described. The \bar{d}/\bar{u} is extracted from the dimuon yield ratio of $p-p$ and $p-d$ reactions of Drell-Yan process. In the high beam intensity experiment, one of the key elements is to control the tracking efficiency of charged particles through the magnetic spectrometer. The tracking efficiency depends on the chamber occupancy, and the appropriate method for the correction is important. The chamber occupancy is the number of hits in drift chambers. A new method of the correction for the tracking efficiency is developed based on the occupancy, and applied to the data.

The flavor asymmetry \bar{d}/\bar{u} is obtained in $0.1 < x < 0.58$. The result at $0.1 < x < 0.45$ is $\bar{d}/\bar{u} > 1.0$, and the result at $0.45 < x < 0.58$ is that \bar{d}/\bar{u} is consistent with unity within the statistical uncertainty.

This new result of \bar{d}/\bar{u} is important information for the internal structure of the proton. It is used to investigate the validity of the theoretical models. It is also used as the input to simulations of hadron reactions such as W^\pm production in various experiments. The new knowledge on antiquark distributions helps to improve the precision of the simulations.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).