

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ドレル・ヤン実験 SeaQuest による陽子中の反クォークのフレーバー非対称度の研究
Title(English)	Probing Flavor Asymmetry of Anti-quarks in the Proton by Drell-Yan Experiment SeaQuest
著者(和文)	宮坂翔
Author(English)	Shou Miyasaka
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10287号, 授与年月日:2016年9月20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,陣内 修,岡 眞
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10287号, Conferred date:2016/9/20, 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：	基礎物理学	専攻	申請学位(専攻分野)：	博士	(理学)
Department of			Academic Degree Requested	Doctor of	
学生氏名：	宮坂 翔		指導教員(主)：	柴田 利明	
Student's Name			Academic Advisor(main)		
			指導教員(副)：	陣内 修	
			Academic Advisor(sub)		

要旨(和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

陽子の静的な性質は3つの構成子クォークを用いて良く表すことが出来る。しかし、高エネルギー散乱実験などの短距離な事象においては、反クォークやグルーオンが陽子の構造を表すことにおいて重要な役割を持つ。反クォークはグルーオンからの乖離によってできる。グルーオンからの乖離によってできるクォークと反クォークを海(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らない。そのため、陽子中の $\bar{u}$ と $\bar{d}$ は同じ量であると予想されていた。しかし 1991 年に CERN で行われた NMC 実験が深非弾性散乱実験によって陽子中に $\bar{u}$ よりも $\bar{d}$ の方が多く存在するということを示した。その後、アメリカ・フェルミ国立加速器研究所(フェルミラボ)で行われた E866 実験は Drell-Yan 過程によって、 $\bar{d}/\bar{u}$ の Bjorken x 依存性を $0.015 < x < 0.35$ の範囲で示した。この情報は、陽子中の反クォークの性質を理解するために重要な情報である。そのため、広い x の範囲でかつ高精度で $\bar{d}/\bar{u}$ を測定することは重要である。

SeaQuest 実験は同じくフェルミラボで、Drell-Yan 過程を用いて $\bar{d}/\bar{u}$ の Bjorken x 依存性をさらに広い $0.1 < x < 0.58$ の範囲で測定を行った。Drell-Yan 過程とは、核子-核子衝突実験において、一方の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一旦仮想光子となり、ミューオン対を生成する過程である。常に反クォークが反応に含まれるため、反クォークの研究に適している。標的には陽子と重陽子を用いた。陽子-陽子衝突と、陽子-重陽子衝突の断面積をそれぞれ測定することにより、 $\bar{d}/\bar{u}$ を導出した。E866 実験が 800 GeV 陽子ビームを用いて実験を行ったことに対して、SeaQuest 実験はそれよりも低いエネルギーの 120 GeV 陽子ビームを用いた。それにより Drell-Yan 断面積を大きくし、またバックグラウンドを減らす効果がある。そのため時間あたりに得られるデータ数が増え、高精度で $\bar{d}/\bar{u}$ を決定した。

SeaQuest 実験の磁気スペクトロメータは広い x の範囲で測定を行うために最適化されている。SeaQuest スペクトロメータは、ターゲット、2つの双極子マグネット、2つのハドロンアプソーパー、4つの検出器群からなる。第3の検出器群には2つのドリフトチェンバー(荷電粒子飛跡検出器)を設置した。その内の一つは日本で製作してアメリカに輸送して設置した。もう一つのドリフトチェンバーは本論文のための研究の一部として、SeaQuest の共同研究者と共にフェルミラボで製作した。SeaQuest 実験は 2009 年から測定器等の開発、インストールを行った。そして 2013 年から陽子ビームを用いた物理データの取得を開始した。

本論文では SeaQuest 実験における検出器の製作、データの取得、データ解析の結果について述べる。SeaQuest 実験が 2014 年と 2015 年に取得したデータを用いて解析を行った。荷電粒子の飛跡再構成を行い、Drell-Yan 過程からのミューオン対を選別した。ビーム陽子強度に依存する要素の補正、ターゲットの成分補正、バックグラウンドの補正を行い、陽子-陽子、陽子-重陽子反応の断面積比を導出し、更に $\bar{d}/\bar{u}$ を導出した。このようにして、陽子ビーム 120 GeV での Drell-Yan 実験の方法を確立した。 $0.1 < x < 0.45$ では $\bar{d}/\bar{u} > 1.0$ であり、 $0.45 < x < 0.58$ では $\bar{d}/\bar{u}$ は 1.0 に近いという結果が得られた。海クォークのフレーバー非対称性を精度よく示す結果となった。得られた結果に対して、以前の実験結果との比較を行った。また、いくつかのパートン分布関数や、ハドロン模型の一例として pion cloud model との比較も行った。

この広範囲の x における $\bar{d}/\bar{u}$ の結果は、陽子の内部構造を理解することや陽子内の反クォークの起源を理解することに貢献し、今後の量子力学の理論的研究の基礎ともなる。反クォークのパートン分布の精度を高めることにも貢献する。反クォークのパートン分布は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ため、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：	基礎物理学	専攻	申請学位(専攻分野)：	博士	(理学)
Department of			Academic Degree Requested	Doctor of	
学生氏名：	宮坂 翔		指導教員(主)：	柴田 利明	
Student's Name			Academic Advisor(main)		
			指導教員(副)：	陣内 修	
			Academic Advisor(sub)		

要旨(英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Static characteristics of the proton such as mass and charge are successfully explained with constituent quarks. However, more dynamical structure was observed in high energy interactions. The valence quarks are glued by gluons, and the gluon produces a pair of quark and anti-quark, $g \rightarrow d\bar{d}$ or $g \rightarrow u\bar{u}$, then they annihilate back to a gluon after a short time. Those quarks and anti-quarks are called sea quark. Symmetry between $\bar{u}$ and $\bar{d}$ in the proton was believed because the coupling constant between gluon and quark does not depend on the flavor of quark according to Quantum Chromodynamics (QCD). However, the NMC experiment discovered that the proton has more $\bar{d}$ than $\bar{u}$. Later, the E866 experiment at Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab) measured the ratio of $\bar{d}/\bar{u}$ in the proton as a function of x at $0.015 < x < 0.35$ using Drell-Yan process. The Drell-Yan process takes place in hadron-hadron scattering. A quark in one hadron in the beam and an antiquark in other hadron in the target annihilate into a virtual photon that decays into a lepton pair. This process is well suited to measure the anti-quark distributions of the proton, since an anti-quark is always involved. SeaQuest experiment at Fermilab measured the ratio of $\bar{d}/\bar{u}$ in the proton precisely at wider x region, $0.1 < x < 0.58$, using the Drell-Yan process. This thesis shows the construction of the detectors, data taking and result of data analysis in SeaQuest. The ratio of $\bar{d}/\bar{u}$ was extracted at $0.1 < x < 0.58$ using the SeaQuest data taken in 2014 and 2015. The result shows that the $\bar{d}/\bar{u}$ is higher than 1.0 at $0.1 < x < 0.45$, and the ratio is close to 1.0 at $0.45 < x < 0.58$. The result of $\bar{d}/\bar{u}$ asymmetry at the wide x region is important information to understand the internal structure of the proton and the origin of the sea quarks in the proton. The result contributes to improve the precision of PDF of sea quarks. This is also important because the PDFs are used as an input to the simulations of various hadron reactions.

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).