

# 論文審査の結果の要旨

氏名 清水志真

本論文は8章からなる。第1章はイントロダクションであり、この研究の背景が述べられている。本論文は電子と陽子の深非弾性散乱断面積を測定することにより、量子色力学に基づいた陽子構造の理解について研究したもので、本研究はドイツ電子シンクロトロン研究所にある電子陽子衝突型加速器 HERA において行われた。第2章では、この研究の理論的・実験的背景が述べられている。電子・陽子深非弾性散乱および陽子構造関数について説明され、さらに量子色力学の導入がなされる。現在の陽子構造の理解では、摂動論的量子力学が大前提となっているが、さらなる検証が必要であり、本研究では縦方向陽子構造関数に注目した。量子色力学において、縦方向陽子構造関数は陽子内のグルーオンダイナミクスを直接反映していると解釈される。実験、および理論の両方におけるこれまでの縦方向陽子構造関数へのアプローチが簡単に記述され、今回の直接測定の意義について述べられている。第3章では、本研究で用いられた実験装置の詳細な説明がなされており、HERA 加速器および衝突実験を行った ZEUS 検出器について述べられている。トリガーシステム、およびモンテカルロによるシミュレーションについても説明されている。第4章は、実験データの再構成に関する章である。最初に、本研究の主題である縦方向陽子構造関数の測定手法の概要が述べられる。この測定では、散乱電子のエネルギーが低く、角度も低い事象を捉えることが重要である。次に深非弾性散乱を記述する運動学的変数の再構成法について述べられる。散乱電子は電磁シャワーから再構成され、エネルギーおよび位置の求め方とその精度について議論される。電荷を持つことの要求は、バックグラウンド事象を大幅に除去する。そのため、通常はトラッキングの難しい、角度の低い散乱電子にも、再構成の際に電荷があることを確認するための新しいツールを開発した。その手法と性能の議論の後、ハドロンの四元運動量の再構成法、事象バーテックスの再構成とその分布について述べられている。第5章では、解析手順について述べられている。本研究では HERA で得られた 318 GeV、252 GeV、225 GeV の三つの重心系エネルギーのデータを解析した。電子の再構成にできるだけ頼らないトリガー選別によってデータを取得し、オフラインの事象選別において散乱電子の検出を要求し、深非弾性散乱事象を選別する。事象選別後でも、電子の誤認のため、光子生成反応事象がバックグラウンド事象として残っている。モンテカルロによるシミュレーションをもとにその量を見積もるので、光子生成反応事象での電子の誤認を記述できていることを、データを用いて確認した。その上で、事象選別後のデータの分布を見ると、深非弾性散乱および光子生成事象のモンテカルロにより、よく再現された。第6章では、選別した事象から電子・陽子深非弾性散乱断面積を三つの重心系エ

エネルギーそれぞれに対し導出している。HERA 初期の測定よりも、縦方向陽子構造関数に感度を持つ、散乱電子エネルギーのより低い領域において深非弾性散乱断面積の測定をなされ、測定値は、摂動論的量子色力学に基づく理論予想とよく一致していた。第7章では、さらに縦方向陽子構造関数を直接導出している。測定値は有意に正の値を持ち、摂動論的量子色力学に基づく理論予想とよい一致を示している。第8章は、全体のまとめとなっている。

縦方向陽子構造関数は、これまで摂動論的量子色力学に基づいて間接的に決定されてきたグルーオン分布に対し、直接感度をもつ。本研究はグルーオンの豊富な領域において、初めて、縦方向陽子構造関数をモデルによらずに直接測定した。理論予想との一致は、今回の測定領域における摂動論的量子色力学の適用性を支持する。本研究における断面積測定は、縦方向陽子構造関数の直接測定よりも広い運動領域で行われており、直接測定の結果とあわせて、どちらも今後の陽子構造および量子色力学の研究にとって重要な結果である。

なお、本論文は国際共同実験グループ ZEUS での共同研究であるが、この研究に関しては論文提出者が主体となって解析しており、データの取得においてもトリガーの準備等の重要な貢献も行っているので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。