

## 論文の内容の要旨

論文題目 「短尺分散平坦化ファイバにおけるサブ 100 fs 光ソリトンに関する研究」

氏名 五十嵐 浩司

光の極限性能の一つである「時間軸の超高速性」に関する研究が科学的・応用的関心から注目を集めている。特に、フェムト秒( $10^{-15}$  秒)領域における光パルス発生技術や超高速計測技術等の進展は著しく、「フェムト秒テクノロジー」と称される新分野が活況を呈している。そのフェムト秒テクノロジーにおける主要分野である究極的超短パルス発生、超高速計測技術、そして非線形ファイバ光学の境界・融合領域が本論文の着目領域である。この着目領域の研究対象は、「光ファイバにおけるサブ 100 fs 光ソリトン」に関する研究とも表現できる。これは未解明な領域における物理現象を取り扱うものであるということから、物理学的に意義部会研究対象と言える。それだけではなく、この物理現象を通じてサブ 100 fs 光ソリトンのマニピュレーションの可能性を解明することは応用上興味深い。ここで、このマニピュレーションのキーツールが分散平坦化ファイバ (DFP) である。この様に物理学的かつ工学的に大変意義深い研究対象と言える「短尺分散平坦化ファイバにおけるサブ 100 fs 光ソリトン」に関する新規研究を展開し、その結果をまとめたものが本論文である。本論文の目的を明確化するならば、サブ 100 fs 光ソリトンと短尺 DFP の組合せによって発現する物理学的かつ工学的に興味深い現象の分析を通じて、短尺 DFP を用いる時間及び周波数領域におけるサブ 100 fs 光ソリトンマニピュレーションの可能性を示すことである。以下に本論文の概要を示す。

第 1 章では、本研究の背景としてフェムト秒テクノロジー・分散平坦化ファイバ (dispersion-flattened fiber: DFF) に関して述べ、本論文の位置付けと目的が明確化されている。

「光ファイバソリトンにおける高次効果及びその複合的発現」と題される第 2 章では、本論文の基礎的内容として、今まで報告されているサブ 100 fs 領域における光ソリトン理論に関する研究を整理した。特に、高次効果やそれら複合的発現に着目し、それらのモデルについてまとめられている。

第 3 章では、step-like dispersion profiled fiber (SDPF) 圧縮器に着目し、高性能パルス光源を開発した結果について示されている。市販光ファイバ増幅器と短尺 SDPF の組合せからなる圧縮系を用いて半導体レーザパルス圧縮した結果、簡素 SDPF 圧縮器が 20 fs 級圧縮性能を有することが示された。また、この 20 fs SDPF 作製に対する緻密なファイバ長調整の有効性も示唆された。

第 4 章では、サブ 100 fs 光ソリトン伝搬の物理に着目し、その適切なモデルを検討し高次効果を分析した結果が示されている。ここでは、開発した SDPF 圧縮器後段の 2 段 DFF における 100 fs から 20 fs への光ソリトン圧縮に着目し、その圧縮過程を分析した。幾つかの伝搬モデルによるシミュレーション結果との比較検討を通じて、サブ 100 fs ソリトン DFF 伝搬における高次効果の影響解明を試みた。その結果、100 fs 光ソリトン伝搬に対しては高次効果を含まない簡易なモデルがある程度適用できることが判明した。一方で、30 fs 光ソリトン伝搬ではパルス伝搬初期の異常なパルス発展が観測された。

第 5 章では、高エネルギーパルス注入による 17 fs 光ソリトン圧縮について述べられている。モードロックファイバレーザの出力である高エネルギーサブ 100 fs パルスを DFF を用いて高次ソリトン圧縮することによって 17 fs 光パルス発生に成功した。これより、DFF は高エネルギーサブ 100 fs ソリトンに対してサブ 20 fs 圧縮性能を有することが示された。また、高エネルギーサブ 100 fs パルスと DFF の組合せによる 10 fs パルス発生の展望を論じた。

第 6 章では、超短尺異常 DFF (anomalous-DFF: ADFD) を用いるスーパーコンティニューム光 (SC) 発生について論じられている。筆者らは従来常識とは異なる短尺 ADFD における広帯域・超平坦化 SC 発生現象を発

見し、その特徴分析とメカニズム検討を行った。その結果として、本 SC スペクトルの注目すべき特徴としてサブ dB 平坦度、S バンドを含む短波長帯域への光スペクトル延伸が確認された。また、本 SC 発生機構と ADFE における広帯域光パラメトリック利得発生の関係も暗示された。

以上の結果をまとめるに、サブ 100 fs 光ソリトンと短尺 DFE を組み合わせることによって物理学・工学的に興味深い現象(光パルス圧縮・SC 発生)が発現することが判明した。これらを通じて、短尺 DFE を用いるサブ 100 fs 光ソリトンの時間・周波数領域におけるマニピュレーションの可能性が示唆された。