



研究室紹介

大阪大学工学部通信工学科第一講座

長谷川 晃*

講座概要

工学部通信工学科第一講座は、通信基礎論講座と呼ばれ通信工学科設立以来、通信工学の基礎理論と実験を担当してきた。現在研究室の職員構成は、長谷川晃教授、松本正行講師、戸田裕之助手、丸田章博助手及び秘書の熊谷範子からなり、10数名の大学院学生の指導をしている。

当研究室では、従来マイクロ波やミリ波の伝搬特性を研究してきたが、現在では長谷川教授の発見した誘電体ファイバー中の光波の作るソリトンを超高速通信に応用することを中心とした理論及び実験的研究を進めている。また、高速計算機を活用した電磁波の数値解析も精力的に行い、理論と実験のサポートをしている。1992年度には文部省科学研究費特別推進研究「光ソリトンの振舞とその超長距離超高速通信の応用に関する研究」(4年間)の交付を受け、通信速度毎秒40ギガビット、通信距離9,000キロメートルを目指した光ソリトンの伝送実験を行っている。

研究活動の概要

通信工学の一つの目的は、より多くの情報量を、より長い距離にわたって伝送することにある。この目的のため、普通情報伝達には電磁波を用いる。情報を担う電磁波のことを搬送波と呼ぶ。単位時間により多くの情報を伝達するためには、搬送波の周波数を出来るだけ大きくする必要が

ある。また、搬送波はコヒーレントな電磁波でなければならない。このため、搬送波に用いる電磁波は、波長数センチメートルのマイクロ波からミリ数、続いてレーザーを光源とする光波へと移行してきた。つまり、搬送波の周波数を高くすればするほど、通信速度が大きくなると考えられてきたのだ。しかし、最近になってこの考え方に一つの大きな障害があることが気付かれ始めた。それは伝送路の持つ分散性や非線形性の結果引き起こされる情報の破壊が、波長で測った距離に比例して大きくなる事実である。言い替えると、周波数の高い波動を用いるということは、歩幅の短い人に荷物を運ばせるようなものであり、長距離を走ると大きな負担となるのだ。例えば、ファイバーを用いた光通信では、ファイバーの損失が最小となる波長1.55ミクロンを用いる。この光波からみると1,500キロメートルの距離はその歩幅にして 10^{12} にもなる。従って極めてわずかな分散性や非線形性も歩幅で測って、 10^{12} もの距離を走るとその影響が出てくることになる。特にエルビウムをドープして作られるファイバー光増幅器(EDFA)の出現でファイバー損失の問題が解決したことから、信号の分散歪みや非線形歪みの問題が注目されるに至った。

ソリトンとは、分散性と非線形性の釣り合いで作られる非線形波動のことをいう。ソリトンは衝突やその他の擾乱に対して非常に安定であることから、その名前が付けられた。また、ソリトンは分散性と非線形性を持つ波動方程式の一般解を記述する一つの要素として、線形波動におけるフーリエモードの役割をすることが知られるようになった。1973年に筆者はファイバー中の光の包絡線がソリトンを作ることを発見し(図1参照)、このソリトンを用いることによって、ファイバー中の光波の分散性と非線



*Akira HASEGAWA
1934年6月17日生
1964年カリフォルニア大、電気工学科博士課程修了
現在、大阪大学工学部通信工学科、教授、Ph. D. 理博、光通信、プラズマ物理、宇宙科学
TEL 06-879-7730

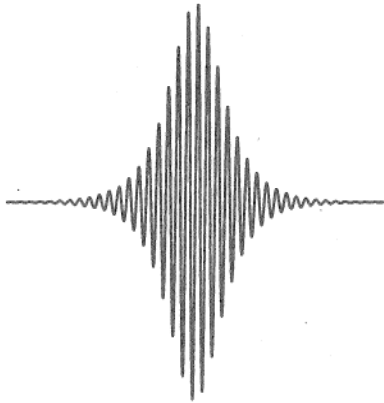


図1 包絡線光ソリトン

形性による歪みを同時に解決することを提案した。ソリトンは、非線形波動方程式の一般解を表すという数学的な興味、水面波や格子振動といった自然が作る波動を表すという物理的な興味、さらに高速通信への応用といった工学的応用として広く興味を持たれている。この結果光ソリトン通信は自然科学の広い分野から注目される研究テーマである。

非線形波動であるソリトンの振舞を解析するためには、高度の応用数学と数値解析を必要とする。実際のファイバー通信路では増幅器や増

幅器から発生する雑音などによる擾乱の問題、ソリトン同志の衝突の問題、ソリトンにどのような形で情報を乗せるかなどといった問題进行处理しなければならない。一方ソリトンの持つ固有な性質を用いた雑音と信号の分離やソリトンの冷却など、従来の線形波動では不可能であった興味ある現象も発見された。

幸い、1992年度から文部省科学研究費の特別推進研究「光ソリトンの振舞とその超長距離超高速通信の応用に関する科学」の交付を受け、ソリトンの発生と伝送の実験(図2)を始めるに至った。まだ始めたばかりであるが、それでもパルス幅25ps(10Gbit/s)のソリトンを1,000km以上伝送させることに成功している(図3)。通信速度の高速化は、比較的パルス幅の長い光ソリトンを用いた波長分割多重方式の他に、パルス幅の極く短くピコ秒オーダーの超短パルスソリトンを用いた方式の実験も計画している。将来は、ソリトンの熱力学的性質、ソリトン通信における非線形情報理論、ソリトンの持つ自己形成の性質と生体などの複雑系の自己成形化の関係などといった広い範囲に目を向けたソリトン学の発展に務めたいと考えている。

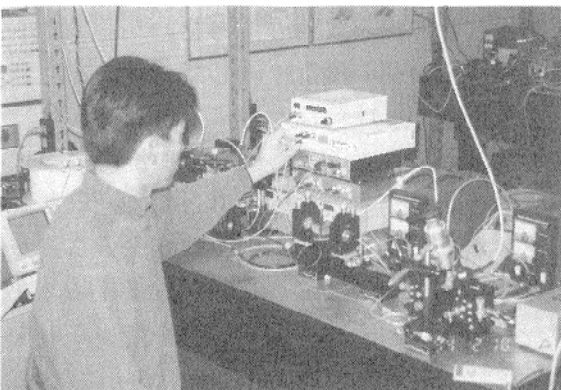
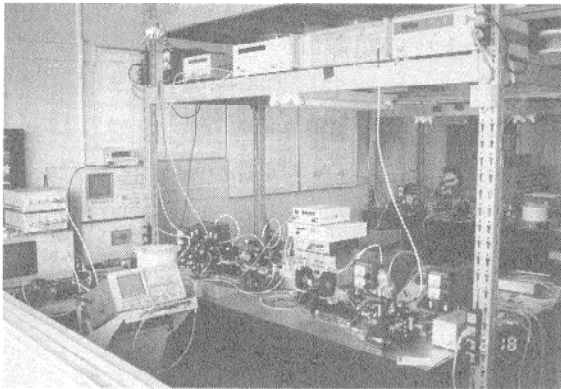
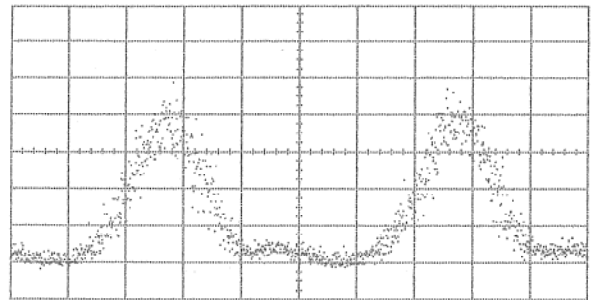
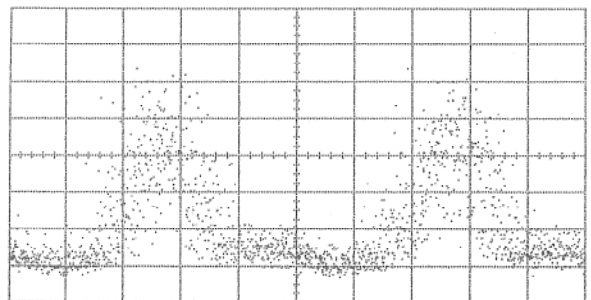


図2 光ソリトンの発生と伝送結果



(a)



(b)

図3 10Gbit/s光ソリトン伝送結果
(a) 伝送距離0km, (b) 伝送距離1,000km