

ソリトンと光通信

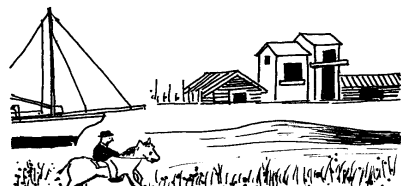
今から170年ほど前に運河を伝わる安定な波として観測されて以来（下図）、ソリトンは主として応用数学の対象としてその性質が広く研究されてきた。それと同時に、自然界のさまざまな現象がソリトンという立場で説明され、単一モードガラスファイバ内の光パルスもソリトンとなり得ることが示された。そして、1990年代に入り、ファイバ中のソリトンは超長距離・高速の光ファイバ通信における変調形式として脚光を浴びた。光ファイバ通信へのソリトンの応用が注目を集めたのは、光ファイバ増幅器の開発によって無中継伝送距離が太平洋を横断するくらいの長さまで達し、累積する一方のファイバの分散性と非線形性の影響のもとでも歪の少ない信号伝送がソリトンを用いることによって可能になると期待されたからである。特に、伝送速度が大きくなり光パルスのピークパワーが大きくなると、非線形性の悪影響が顕著になるのでソリトンの利用が有効になる。実際に、1万 km を越える距離にわたるチャネルあたり40Gbit/s のソリトン伝送が実験室内で達成されている。

現在、インターネットトラフィックの急増とともに大容量化が進む基幹光ファイバ伝送において、光ソリトンは積極的には用いられていない。その主な理由は、現在は比較的低速（10Gbit/s 以下）の信号を波長多重（数十波長以上）して

総容量の拡大が図られており、そのような波長多重伝送において異なる波長間の非線形クロストークを小さくするためには、非線形性をパルスの形成と安定化のために利用するソリトンを用いるよりも、信号パワーを極力下げた線形的な伝送方式を用いるほうが有利だからである。

しかし、光ソリトン伝送方式が非線形伝送ならではのユニークな特徴をもつことは確かである。ある条件のもとでは、ソリトン信号は線形波である雑音を振り落としながら進み、高いSN比が長距離にわたって保たれる。また、直交する偏波成分間の捕獲効果のために偏波分散に対する耐性に優れる。さらに、ソリトンの粒子性はビットごとの信号処理との親和性が高いことを意味し、信号処理と伝送が一体化した通信における情報キャリアになり得る。

なによりも、光ソリトンは非常に単純なパルスでありながら、ファイバ中で自律的な生き物（ちょっと大袈裟です）のような振舞いをするとところが面白い。そのようなわけで、私は光ソリトンについての研究を続けている。



孤立波を発見するラッセル氏（1834年）
（戸田盛和氏の著書より）