

第4章 ソリトンの粒子性と相互作用

ここでは、ソリトンの特徴とされている粒子性を検証するための実験を行う。また、前章3-1節における複数の波の集合がソリトンの集合かどうかを確認する。

4-1. ソリトンの衝突

ソリトンが粒子性を持っていることを確かめるため、2個のソリトンを正面衝突させる実験を行う。

バイアス電圧を1.5[V]、入力周波数を1.7[MHz]、入力電圧を1.5[V]として衝突前後の波形を観測した。結果をFig. 4-1に示す。ここで89段と90段で波形が同一なのは、線路の両端から同一波形のパルスを印加した際、2つのソリトンが179段の中心である89段と90段の間のコイル上で衝突したためである。衝突後2つの波はなにごとにもなかったかのように透過し、衝突前後で波形に変化はなく、ソリトンが粒子性をもっているということが出来る。

4-2. ソリトンの追越し

4-1節では、ソリトンが粒子性をもち衝突した前後で形が変わらないことを確かめた。一方、式(1-19)、(1-21)より、ソリトンは振幅が大きいほど速度が速いと考えられるため、理論的には線路上で小さな振幅のソリトンと大きな振幅のソリトンを伝搬させると、大が小を追い越し、その際追い越し前後で衝突の場合と同様に波の形は変わらないということが予想される。ここでは、このことを確かめるための実験を行う。

実験はバイアス電圧を2.5[V]とし、振幅の大きなソリトンは入力電圧5.7[V]、入力周波数4.0[MHz]（これをソリトン1と呼ぶ）で、振幅の小さなソリトンは入力電圧1.3[V]、入力周波数2.4[MHz]（これをソリトン2と呼ぶ）とする。ソリトン1は発振器に遅延トリガをかけることによって線路に0.64[μ sec]遅らせて印加した。伝搬波形の観測結果をFig. 4-2に示す。これらから、ソリトン1がソリトン2を追い越したことがわかる。すなわち、ソリトンは振幅が大きいほど速度が速いことが実験によって確かめられた。

次に2つの振幅差を小さくして同様の実験を行う。バイアス電圧を1.5[V]とし、入力

電圧と入力周波数は、大きな振幅のソリトン（以下これをソリトン3と呼ぶ）が5.0[V]と2.97[MHz]、小さな振幅のソリトン（これをソリトン4とする）を2.0[V]と2.25[MHz]とし、ソリトン3はソリトン4から0.58[μ sec]遅らせて印加した。伝搬波形の観測結果をFig. 4-3に示す。Fig. 4-3では66段においてピークが2つ存在する。これは2つのソリトンが接近し1度2つの波のピークが等しくなるが、大きなソリトンは小さなソリトンに、小さなソリトンは大きなソリトンに入れ替わり、再び分離していると見ることができる。

この2つのソリトンの振幅および、これらを単独で励起させたときの振幅の測定結果をFig. 4-4に示す。伝搬によって振幅が指数関数的に減少しているのは線路抵抗によるものと思われる。Fig. 4-4では単独波形および追越し波形において終端近くで振幅が大きくなっているが、これはソリトンが終端による反射波の影響を受けているためである。一方、入力端近くで若干振幅が大きいのはソリトンがまだ完全に励起されていないからだと思われる。ソリトン3の振幅は追越しが始まると急激に減少し66段付近で最低値となるが、終端に近づくと再び単独波との振幅差がなくなる。一方ソリトン4は追越しが始まると66段付近まで振幅が増大し終端近くでは単独波と再び変わらなくなる。こうした現象は、2つのソリトンの間で相互作用が生じているためだと考えられている。追越し後の振幅は単独波に漸近していることから、ここでもソリトンの粒子性が証明された。

4-3. 集合波の衝突

ここでは、3-1節における周波数変化の際生じた集合波（波の集合体）が、ソリトンの集合なのかどうかを調べる。3-1節と同じような波形を、バイアス電圧1.5[V]、入力電圧2.0[V]、入力周波数680[kHz]として発生させ、4-1節と同じ方法で衝突させ、波形を観測する。

結果をFig. 4-5示す。69段と110段における観測波形は酷似しており、衝突前後で波形の変化がなかったといえる。また、この2つの観測波形を見ると、いずれも右側の集合波のピークとピークの時間差が、左側の集合波に比べ大きい。これは、小さな振幅の波が大きな振幅の波に比べ、その速度が遅いためだと考えられる。このことから、この集合波はソリトンの集合体であるといえる。