

丸野健一研究室（非線形システム研究）

非線形現象の数理解析手法の開発

早稲田大学基幹理工学部応用数理学科

<http://www.f.waseda.jp/kmaruno>



日本人と海の波：浮世絵

島国に住む日本人にとって、波は非常に身近な存在です。下の2つの絵は葛飾北斎が1800年代前半に制作した木版画で、世界的に知られている最も有名な日本の美術作品です。このような海の波の特徴をうまく描写した絵画は他国では見られませんが、そのことは日本人にとって海の波が非常に大きな存在であったことを物語っています。実は、北斎が描写した波は高校の物理で習う波動とは大きく違った性質を持っていますが、現実の海の波は高校の物理で習う三角関数で表される波動では説明することができません。



孤立波とソリトン：非線形性が生む奇跡

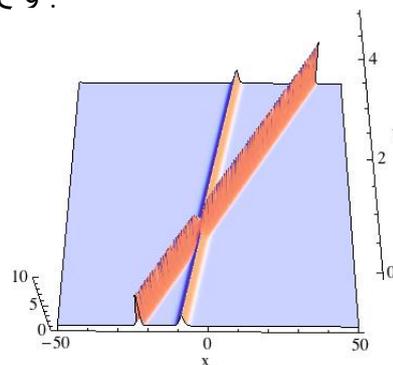
葛飾北斎が描いた海の波は波高の高い巨大な波です。高校の物理で習う三角関数で記述される波動は振幅が波長に比べて十分小さいという仮定で成り立つ波であり、北斎が描いた波を説明することはできません。実は、高校で習う波は線形の波であり、いわば $1 + 1 = 2$ が成り立つ世界の波です。北斎が描いた海の波は $1 + 1 = 2$ が成り立たない非線形の波なのです。実は北斎が非線形の波を描いた19世紀前半には、非線形の波は数学者や科学者たちの間で認識されてすらいませんでした。北斎は世界で初めて非線形の波を認識した人であったわけです。

1834年、スコットランドの造船技師 John Scott Russell が運河を形を変えずに安定に伝わる局在し

た波「孤立波」を発見しました。実は、Scott Russell が見た孤立波は KdV 方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + 6u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} = 0$$

と呼ばれる偏微分方程式の解になっています。1965年、アメリカの応用数学者 Zabusky と Kruskal は KdV 方程式のコンピュータ・シミュレーションを行い、孤立波は衝突しても形を変えない粒子的性質を持っていることを発見し、「ソリトン」(Soliton) と名付けました。さらに、驚くべきことに難解な非線形偏微分方程式である KdV 方程式を『逆散乱法』によって解くことに成功しました。実は、これが人類が最初に非線形偏微分方程式を解いた歴史的瞬間です。



ソリトンはレーザーや粘菌など自然界の至るところに現れることが知られています。

研究室の主な研究テーマ

- ソリトン理論を応用した新しいシミュレーション法「自己適合移動格子スキーム」の開発
- 空間2次元のソリトン方程式の数理解析
- 巨大な波フリークウェーブ(ログウェーブ)や津波に関連する研究
- 離散可積分系、離散微分幾何の数値計算法やコンピュータグラフィクスへの応用