

# 数値シミュレーションで学ぶ津波の物理の基礎

## 高校における海洋物理教育のカリキュラムの提案

○丹羽淑博<sup>A</sup>, 佐藤俊一<sup>B</sup>

NIWA Yoshihiro, SATO Shunichi

東京大学大学院理学系研究科/東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター<sup>A</sup>,  
東京都立日比谷高等学校/東京大学大学院教育学研究科<sup>B</sup>

【キーワード】 海洋教育, 物理教育, 防災教育, 数値シミュレーション

### 1 目的

津波が大きな被害を及ぼすのは、通常の風波と異なり、水深に比べて水平波長が圧倒的に長く、海面から海底までの流れを伴いながら、波の形を崩さず、そのまま沿岸に一気に押し寄せるためである。こうした津波の物理的な特性を生徒が深く理解し将来に備えることは、防災上大切なことである。

高校理科における津波の学習は、従前は地学領域の中で行われてきた。しかし、地学では津波の基本的な特性についてその事実を教えるのみである。実際のところ、津波は光や音と同じ方程式に従う最も単純な波動現象の一つであり、物理の波動の学習素材として取り上げるのに適している。さらに、津波は数値シミュレーションの原理と有用性を学ぶ題材としても適している。

そこで、本研究では、物理教育の新たな可能性を探る海洋物理教育の試みの一つとして、津波の物理を解説する講義と津波の数値シミュレーションを実行する実習を組み合わせたカリキュラムを開発し、授業実践を行った。

### 2 授業実践について

本研究の授業実践の対象は公立高校の2年生である。「物理基礎」の波動の単元において2時限(1時限=45分)続き授業展開の計画を立てた。2013年11月と2014年12月にそれぞれ3クラス(1クラス約40名)に対して授業を行った。どのクラスも理系志望・文系志望の比率はほぼ同じである。

授業実践は丹羽と佐藤が共同して行った。1時限目に津波の物理と数値シミュレーション手法の基礎を解説する講義を行い、2時限目に生徒が実際にパソコンを操作して津波の数値シミュレーションを実行する実習を行った。

### 3 授業内容について

#### (1) 津波の物理の講義 (1時限目)

1時限目の講義では、初めに津波と普通の風波との相違について解説し、その後津波の運動を支配する物理法則とその法則を数学的に表現する微分方程式の説明を行った。

続いて、津波の数値シミュレーションについ

て解説を行った。コンピュータ上では空間・時間を離散的に扱う必要があることを説明し、津波の数値シミュレーションでの流速  $U$  と海面変位  $Z$  の格子配置を説明した。そして最後に、微分方程式の差分近似の手法を説明し、過去と現在の時間ステップの  $U, Z$  から未来の時間ステップの  $U, Z$  を計算する差分式を導出した。

#### (2) 津波の数値シミュレーション実習 (2時限目)

2時限目の実習では、生徒二人に一台ずつノートパソコンを与え、生徒自ら操作しながら進めた。この実習ではプログラム言語として FORTRAN を採用し、まず初めに単純なプログラムを用いて FORTRAN 文法の基礎と計算プログラムの実行方法を説明した。

次いで、津波シミュレーションプログラムのリストを提示し、1時限目に説明した差分方程式がどのように組み込まれているかを説明した。初めに、水深一定の単純なモデル海洋での津波の数値シミュレーションを行った。この実習では計算時間の短縮とプログラムの簡素化のため、津波の計算は全て水平一次元空間内で行った。計算データを可視化するために、グラフ作成ソフト Gnuplot を利用してアニメーションを作成した。

最後に、現実的な津波の振る舞いを再現するために、仙台湾を横切る等緯度線に沿う海底地形データを組み入れて数値シミュレーションを行い、再現された津波の振る舞いが現実の東日本大震災の津波とほぼ一致することを確認した (図1)。

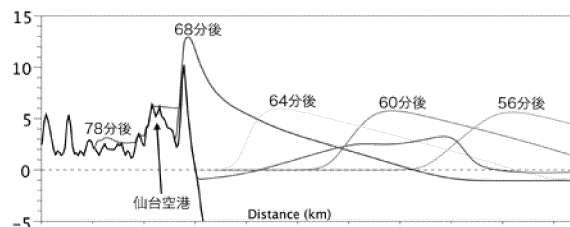


図1: 授業で実行した津波の数値シミュレーションの結果

なお発表ではカリキュラム・授業実践の内容に加え、授業後に行った質問紙調査の結果から読み取れる生徒の学びの特徴についても紹介する予定である。