

## 第II部門

## 高精度粒子法におけるエネルギー保存性向上に対する提案

京都大学工学部 学生員 ○脇嶋 可成  
 京都大学工学研究科 正会員 五十里 洋行  
 京都大学工学研究科 正会員 後藤 仁志

## 1. はじめに

波浪伝播のシミュレーションに粒子法<sup>1)</sup>を適用する  
 とした場合、従来の粒子法の計算精度ではエネルギー  
 保存性の問題から波浪減衰が不可避であったが、この  
 保存性の問題を解決出来た場合、粒子法は一気に実務  
 計算への適用性を増すことになる。そこで本研究では、  
 粒子法のエネルギー保存性を改善し、波浪減衰が十分  
 に抑制されたシミュレーションが実行可能なモデルの  
 開発を行う。

## 2. 数値解析手法

本計算では、粒子法的一种である MPS 法<sup>2)</sup>に、高精  
 度化スキームとして HS-HL-ECS-GC-IDS 法<sup>1),3)</sup>を付与  
 する。これに加えて、第一段階終了時に位置更新を行わ  
 ないというアルゴリズムの修正を提案する(以下、IDS-  
 NTPA(No Temporal Position Algorithm)法と呼ぶ)。

## 3. 容器内定在波計算

## (1) 計算条件

図-1 に示す計算領域で、初期に正弦波形に従う水面  
 形を与え、重力の作用で水面を振動させる。付加する高  
 精度化スキームを、HS-HL-ECS-GC 法までは共通で、  
 DS 法<sup>1)</sup>と IDS 法<sup>3)</sup>、更に本研究で導入した IDS-NTPA  
 法をそれぞれさらに付与した際のエネルギー保存性につ  
 いて議論する。計算粒子の粒径を 0.010m、最大時間  
 刻み幅を  $2.5 \times 10^{-4}$  s と設定し、計算は 20s まで行った。

## (2) 計算結果

図-2 は容器中央部における水深の時系列データであ  
 る。IDS-NTPA 法、IDS 法、DS 法の順で理論値に近い  
 振幅を表すことが分かる。図-3 は全エネルギーの変動  
 過程であり、図-4 は位置エネルギー、図-5 は運動エネ  
 ルギーを表している。こちらも IDS-NTPA 法、IDS 法、

DS 法の順で高いエネルギー保存性を示しており、IDS-  
 NTPA 法は理論値と概ね一致する結果を示した。

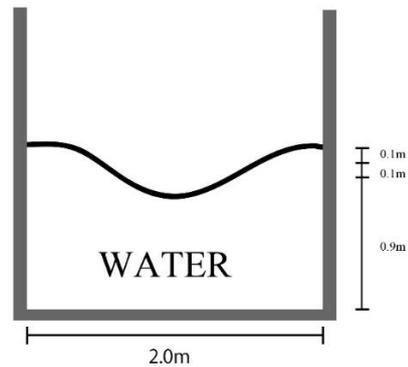


図-1 計算領域

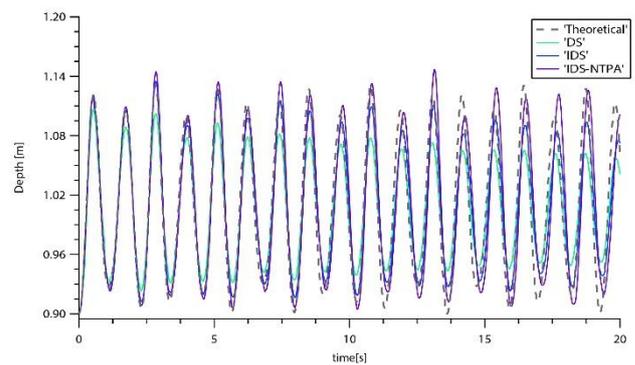


図-2 容器中央部における水深の時系列変化

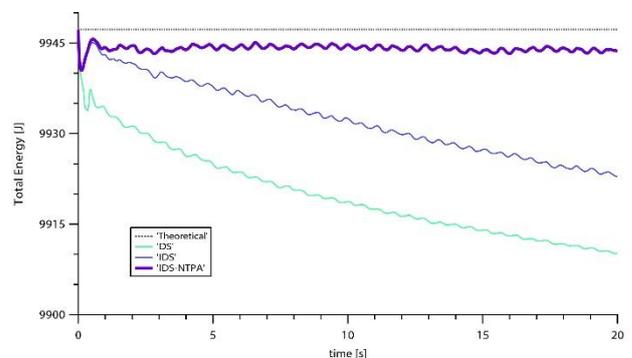


図-3 全エネルギーの時系列変化

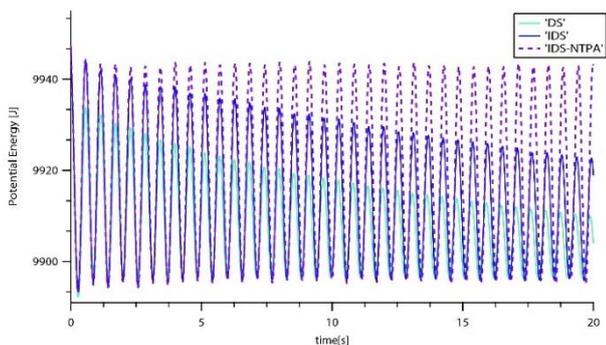


図-4 位置エネルギーの時系列変化

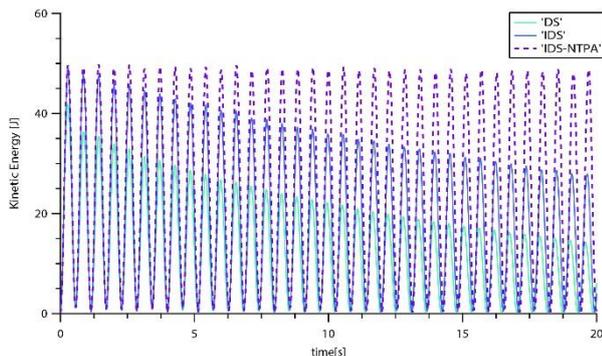


図-5 運動エネルギーの時系列変化

#### 4. 孤立波伝播計算

##### (1) 計算条件

図-6 に示す造波水槽を用いて波高 0.05m の孤立波を造波する。粒径は 0.010m であり、最大時間刻みは 0.0005s に設定した。造波壁から 0.5m, 5.5m, 10.5m, 15.5m, 20.5m, 25.5m, 30.5m, 35.5m 離れた地点において水位変動を記録した。

##### (2) 計算結果

図-7 に DS 法, IDS 法, IDS-NTPA 法を用いた孤立波伝播計算の各計測点における波高推移を示す。DS 法では大きく波高が減衰しており、それに伴い波速も落ちているので 35.5m 地点での孤立波の到達時間も他の手法に比べて遅れている。一方で、IDS 法, IDS-NTPA 法は共に大きな波高減衰は確認できなかった。ただし、最終観測点である 35.5m 地点での両者の波高を比較すると、IDS-NTPA 法の方が高い波高を示しており、これは IDS-NTPA 法が IDS 法に比べて高いエネルギー保存性をもつことを示している。孤立波伝播計算においても、IDS-NTPA 法の高いエネルギー保存性が立証されたため、容器内定在波固有の結果ではなかったことが示された。

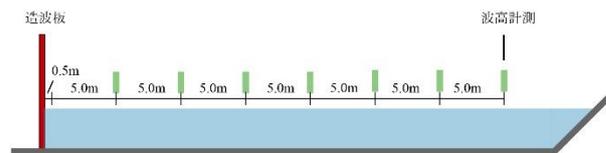


図-6 計算領域

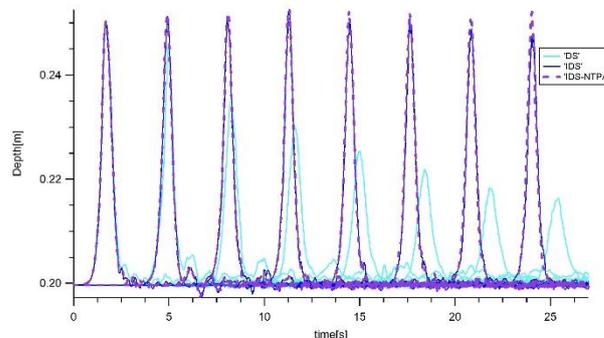


図-7 各計測点における波高推移

#### 5. おわりに

本研究では、既存の高精度化スキームに対してアルゴリズムの修正を提案すると共に、各高精度化スキームのエネルギー保存性について容器内定在波計算と孤立波伝播計算の二つのベンチマークテストを通して議論した。また提案した IDS-NTPA 法を適用することで飛躍的にエネルギー保存性が向上することも示された。今後は、従来の粒子法ではエネルギー保存性の問題により波浪減衰が生じてしまうことから計算困難だった不規則波伝播計算について IDS-NTPA 法を用いて実施していきたい。

#### 参考文献

- 1) 後藤仁志：粒子法 連続体・混相流・粒状体のための計算科学，森北出版，289p，2018。
- 2) S. Koshizuka and Y. Oka：Moving-particle semi-implicit method for fragmentation of incompressible fluid, *Nuclear science and engineering*, Vol.123, pp.421-434, 1996。
- 3) N. Tsuruta, A. Khayyer and H. Gotoh：Enhancement of accuracy of stabilizer for projection-based particle method, *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International SPHERIC Workshop*, pp.9-15, 2018。