J-10

MPS 法による自由表面をもつ造波境界の開発と沿岸部での津波解析への応用

The Development of Inflow Boundary of the MPS method with Free Surface and Application to the Analysis of Tsunamis in Coastal Area

○相田康洋[1]，増田光一[2]，居駒知樹[2]
*Yasuhiro Aida[1], Koichi Masuda[2], Tomoki Ikoma[3]

Abstract: Inflow boundary of MPS method ,a kind of particle method, with free surface was developed. This way is able to applied to analyze to tsunami in coastal area and improve calculation speed preserving the wave form than the way of general wave maker. And this way can now be simulate from input data generated from the result of other MPS method.

１．緒言

MPS 法(Moving Particle Semi-implicit method)は 1995 年に越塚らが開発した非圧縮性流れのための粒子法であり，格子法のような格子生成の煩雑な作業を伴わずに自由表面の大変形を伴う現象を扱うことができるシミュレーション手法である．

増田は MPS 法を津波中の浮体挙動解析へ応用し適用性の確認を行った．その中で津波を孤立波としてモデル化し浮体の応答を計算していたが，津波は本来断層の崩壊から始まり沿岸に伝搬してくるものであり，その波形は地形等によりさまざまに変化する．増田はその孤立波を発生させるためにピストン式造波板を用いた．しかし，この方法は高い波高を得るためには長いストロークが必要であり，長いストロークには多くの粒子が必要である．MPS 法は粒子数の増加に対して計算時間が幾何級数的に増加する特徴があり，これが計算時間を長くしていた．

津波は海底の断層の崩壊により発生するが，発生源から沿岸までは距離がある場合が多い．津波の現象をシミュレーションする場合津波の発生源から被害をおよぼす沿岸まですべてを MPS 法でシミュレーションすることは計算時間の問題から実質不可能である．しかし, そもそも MPS 法が得意とするのは自由表面が大変形する沿岸付近での現象であるので，津波の発生地点から沿岸部までは格子法を用いシミュレーションを行い, 沿岸部でのシミュレーションに MPS 法を用いることが現実的な手法であると考える．

それらを考慮すると津波の造波方法には定点から自由表面をもった流入・流失が可能な造波境界が適しており，その開発が必要である．

これが可能になると，沿岸部での詳細なシミュレーションは 3 次元 MPS 法で行い, そこまでは 2 次元 MPS 法で行うといった利用方法もある．

２．研究手法

MPS 法はラグランジュ法であるので流入，流出に関しては実際に粒子を増やす, 減らす作業が必要になる．造波境界は基本的に流入，流出の機能の両方を実装すればよい．自由表面高さの再現は流入させる際の粒子の高さ方向の粒子の数を調整すればよい．

造波境界は粒子として表現する．ただし任意の速度をもって動くことができる．造波境界の粒子は圧力を計算する粒子と，その粒子が自由表面として認識されないようにするための粒子の計 3 つの粒子からなる．

流入境界は速度をもった造波境界粒子が粒子間距離を越えて移動した場合，圧力を計算する粒子の位置に流体粒子を生成し，造波境界粒子を粒子間距離だけ戻す．この繰り返しで流入が表現できる．その際高さ方向に生成する粒子の数をコントロールすることで自由表面高さを再現する．生成する流体粒子は造波境界粒子の前ステップでの圧力と流速をもたせる．

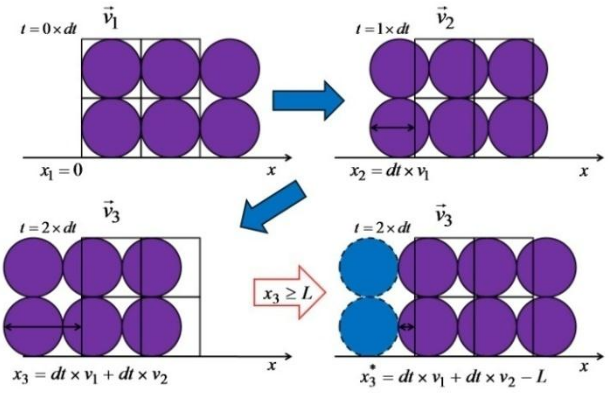

Fig.2-1.Inflow Boundary System

ただし，x:造波境界全面粒子の座標，L:粒子間距離，v:造波境界の速度，dt:時間刻み

流出境界は速度をもった造波境界粒子が粒子間距離

１：日大理工・院（前）・海建　Department of Oceanic Architecture and Engineering/CST/Nihon University
２：日大理工・教員・海建　Department of Oceanic Architecture and Engineering/CST/Nihon University

を越えて移動した場合，造波境界近傍にある粒子を除去し，粒子間距離だけ造波境界粒子を戻す．

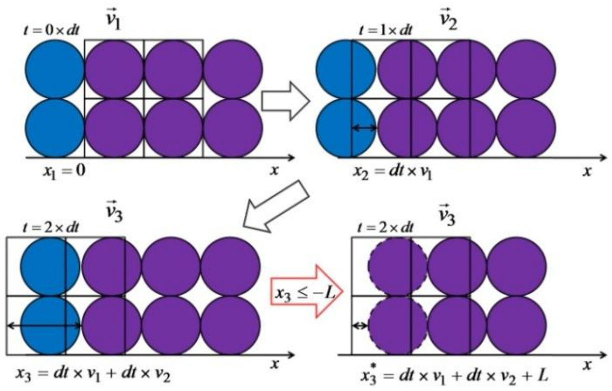

Fig.2-2.Outflow Boundary System

３．検証方法

計算速度と造波した波形の精度の検証を行う．

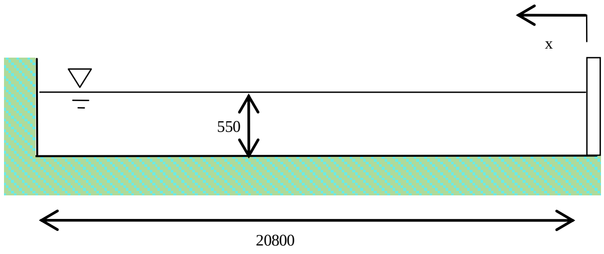

Fig.3-1.Case1

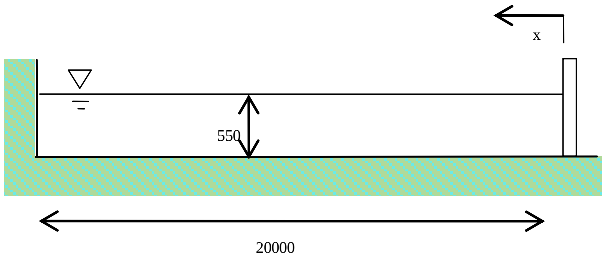

Fig.3-2.Case2

Fig.3-1 の水槽を用い，一般的な造波板と流入・流出の機能をもつ新しい造波境界で孤立波を造波させる．ただし，流入・流出の機能をもつ造波境界のケースでは造波板のストローク分 x 方向に 0.8[m]移動させてある．Case2 で造波する際に使用する造波境界の移動速度は Case1 で計算した水面変動と流速を使用している．

t=0 における粒子数は Case2 の方が少ない．これは造波板のストロークの分の粒子数を削減することができたことによる．　プログラムコード上ではメモリに Case1 と同量の領域を確保している．

Table.3-1.Caluculate Condition

Calculation Condition	Case 1	Case 2
Initial Particle Number	71756	64513
Total Particle Number	71756	71756
dt[sec]	0.0005	0.0005
Simulation Time[sec]	4	4

４．結果

Table.4-1.Caluculation Time

	Computational Time[minutes]	
Number of Trials	Case 1	Case 2
1	249.45	238.43
2	243.283	218.12
3	256.0166	237.75
Average	249.5832	231.4333333
Performance[%][Higher is Better]	100	107.8423736

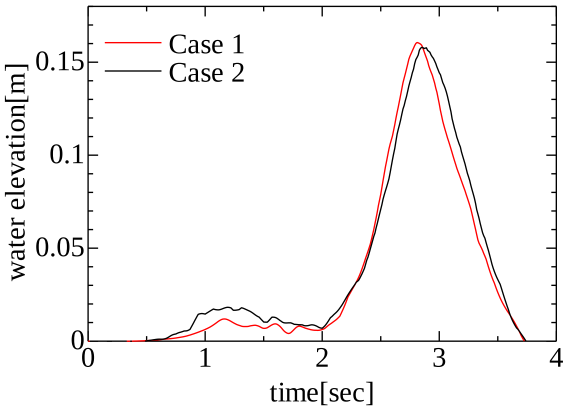

Fig.4-1.Water Elevation at x=0.1

計算時間に関してはおおよそ 0.9 倍程度に減少しており，一般的な造波板と比較し高速な計算が可能になっている．流入・流出の機能をもつ造波境界はストロークの粒子数(7243 個)を減らすことが可能になっている．これが高速な計算につながった．また今回の計算では MPS 法で計算した波高や流速を MPS 法の Input データとして使用している．これは 2 次元の MPS 法の計算から 3 次元の MPS 法の計算に接続できることを意味している．

５．結論

MPS 法における自由表面をもつ流入・流出の機能をもつ造波境界の開発に成功した．計算時間の短縮も可能になっている．

６．参考文献

[1] 越塚誠一：「粒子法」，丸善株式会社，2005.
[2] 増田光弘：「津波中の浮体挙動解析への粒子法の適用性に関する研究」，日本大学理工学部博士論文，2010.
[3] 日野幹雄: 「流体力学」，朝倉書店