

バリエブルメッシュに Two-way ネスティング手法を適用した  
新たな流動シミュレーションの開発

Development of a new multi scale current simulator  
Using two-way nested variable mesh

○藤田睦\*, 木下嗣基\*\*

FUJITA Mutsumi\*, KINOSHITA Tsuguki\*\*

## 1. はじめに

沿岸域は生物多様性が高く、人間活動も盛んであるため重要な領域である。沿岸域が抱える問題として富栄養化や高潮被害があり、人為的な変化によって引き起こされることもある。人為的な変化は沿岸域の環境に大きな影響を与えるため、事前にその影響を予測することが重要となり、予測方法として流動シミュレーションが用いられる。領域全体の流れを支配する大規模な地形と流れは局所的な流れと相互作用することで、沿岸域のような狭域では複雑な流れ場を形成している。これまでも、複数の領域に分けて数値解析を行った例はあるが、様々な問題により結果に不自然な点が見られた<sup>1)</sup>。そのため、詳細な分析をする場合、領域全体と狭域で相互に情報のやり取りを行う two-way で計算すること、かつ解像度の異なる領域を接続する境界で不自然な挙動にならないことが必要である。

よって、本研究では格子幅が徐々に小さくなるバリエブルメッシュをネスティングすることで空間詳細化し、その有効性を検証する。

## 2. 理論

本研究では、広域から狭域までネスティングの手法により連続的に解析可能な MEC モデルをベースに開発を行った<sup>2) 3)</sup>。ただし、本研究では full-3D 計算は用いていない。なお、水平渦動粘性係数 $A_M$  及び水平渦拡散係数 $A_C$ については、各グリッドの面積を $S$ とすると、Richardson の 4/3 乗則から以下のように与えた。

$$A_M = A_C = 0.01\sqrt{S}^{4/3}$$

Fig. 1 は本モデルの計算格子のイメージであり、広域に正方格子、狭域にバリエブルメッシュを適用する。Fig. 1 上図は水平断面、下図は鉛直断面を示しており、青枠の接続境界から格子幅がなめらかに変化していることが分かる。

two-way で計算を行うため、計算格子の接続境界において計算結果の受け渡しが必要となる。受け渡しはそれぞれの計算格子の接続境界における評価点の位置関係から内挿、外挿する。

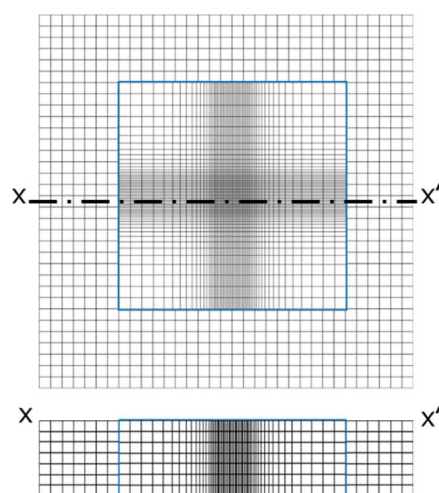


Fig. 1 計算格子のイメージ  
Image of computational grid

\*農研機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO \*\*茨城大学 Ibaraki University, 数値流体力学

### 3. 検証方法

本研究では、3方向を陸地、1方向を開境界とする1辺36kmの単純矩形湾を対象とし、各手法で空間詳細化し、最小領域の格子幅は30mとした。また、水深は30m一定とし、計算時間間隔は全ての領域で1秒とした。初期条件として水温は水深15mより上層で30℃、15mより下層で10℃として躍層を与え、塩分は30psuで一定とした。開境界では、振幅0.4m、周期44714秒の潮汐を与え、水温・塩分は初期条件から変化しないとした。また、最小領域の中央部では水質改善装置を模擬して鉛直混合を強制的に行わせた。

上記の条件で正方格子をネスティングする既存の手法<sup>(2)</sup>(Case1)と正方格子にバリエブルメッシュをネスティングする新たな手法(Case2)で比較・検討を行う。

### 4. 結果および考察

Fig. 2にCase1, 2の最小領域の水位分布を示す。Case1では、左上の接続境界付近で水位が局所的に低くなっている等、不自然な点が見られる。これは、格子幅の変化によって反射波が発生したからであると考えられる。また、Case2では、接続境界における反射波が確認されず、自然な水位分布であることがわかる。

また、鉛直温度分布を比較すると、大きな差はみられなかった。しかし、最小領域内の平均流速は、Case1では約0.06m/sに対し、Case2では約0.003m/sとなったため、接続手法の違いによる変化と考えられる。

### 5. おわりに

バリエブルメッシュをネスティングした計算格子を用いて躍層のような複雑な条件下で計算を実行すると、既存の手法よりも計算格子による影響を受けにくいことが明らかとなった。しかし、実海域に適用するには風速や気象データの条件を追加して更なる検討が必要である。

### 参考文献

- 1) 内山雄介・石井翔大・宮澤泰正, JCOPE2-ROMS 多段ネスティングによる黒潮続流域でのダウンスケリング効果の検証, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 2012, p436-440
- 2) 藤田睦・木下嗣基, 無反射スキームを応用したネスティング手法の開発, 日本沿岸域学会研究討論会講演概要集, 2021
- 3) Jinxin Zhou, Daisuke Kitazawa, Takero Yoshida, Toyonobu Fujii, Junbo Zhang, Shuchuang Dong, Qiao Li (2020), Numerical simulation of dissolved aquaculture waste transport based on water circulation around shellfish and salmon farm sites in Onagawa Bay, Northeast Japan. Journal of Marine Science and Technology 26, 812-827.

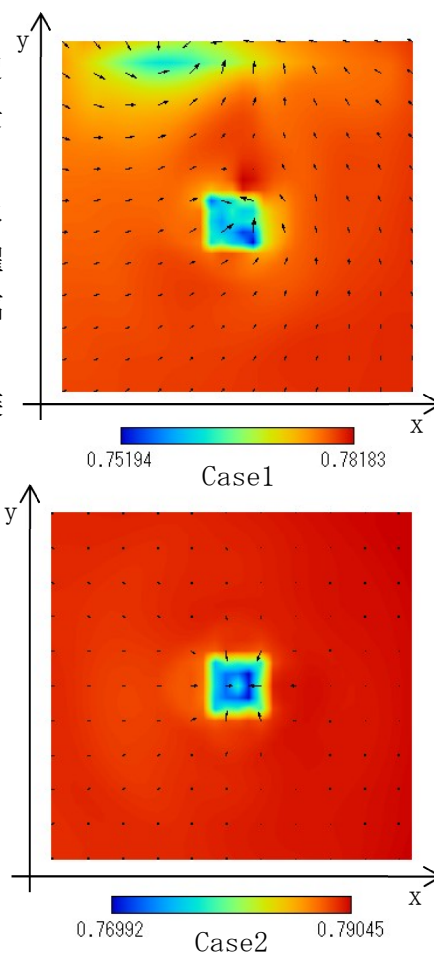


Fig. 2 Case1, 2における最小領域の水位分布

Water level distribution in the minimum area in Case1, 2