

伊勢湾における 800m と 1600m メッシュでの残差流の比較

東京都市大学 学生会員 ○田代 玄樹
東京都市大学 正会員 田中 陽二

1. 序論

1.1. 研究の背景と目的

昨今，台風やゲリラ豪雨などによる高潮や高波，河川の氾濫などの被害が大きくなっている．1959 年には伊勢湾台風と呼ばれる史上最強クラスの台風が三重県や愛知県を襲い凄まじい被害をもたらした．これらの被害を最小限に抑えるために防災を考えた場合，特に高潮や津波に対しては数値シミュレーションが有効な手段であるということが既往の研究¹⁾で述べられている．しかし大きさの異なる水路，複雑な地形などを考慮しなければ，正確な災害範囲を予測することはできない¹⁾．数値シミュレーションモデルを用いて，沿岸海域における物質循環などを考える場合，海域の流動場を正しく表現する必要がある．

既往の研究によると，田中ら²⁾は，3種類のメッシュ（メッシュの概念図を図-1に示す．）を使用し伊勢湾を対象に潮流計算を行ったもので，メッシュサイズの違いによって生じた流動場の誤差に着目し，誤差の評価方法と誤差を事前に推定する指標を検討することを目的とした研究である．そこでは，メッシュサイズが大きいと海峡部で誤差が大きくなり精度が悪くなることを示された．本研究では閉鎖性内湾として代表的な伊勢湾を対象にメッシュの誤差及び計算にかかる時間を比較し，どこのメッシュを部分的に細分化すれば効率的であるかの検証を目的とする．

1.2. 残差流について

残差流とは潮汐のみを与えた流速の平均をとったものである．この残差流はどの季節においても重要な役割を果たす流動成分で，周囲の地形に依存して発生することから地形の数値的表現，つまりメッシュ計算の再現性を判断する指標に適している．よって本研究では 800 m と 1600 m のメッシュによる残差

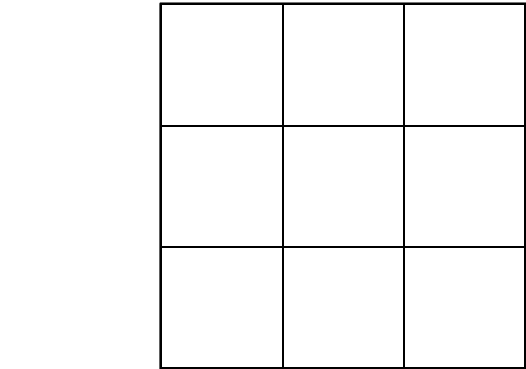


図-1 直交格子のメッシュ概略

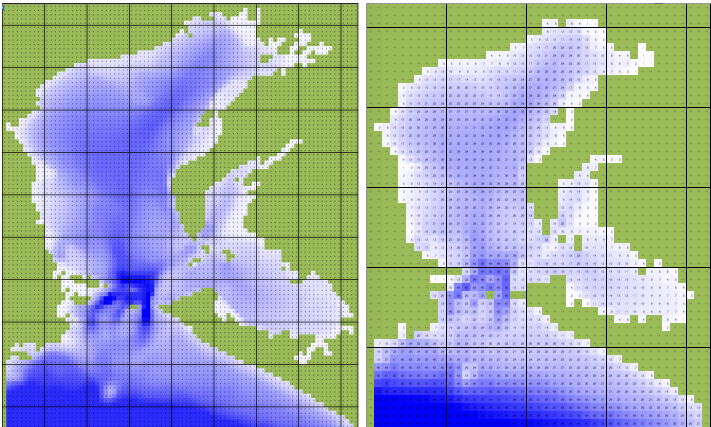


図-2 メッシュを用いた地形（左:800 m 右:1600 m）

表-1 計算に使用したパラメーター

パラメーター	設定値
水平格子（メッシュ）	800 m,1600 m
鉛直格子	28 層
時間刻み	60s
コリオリパラメーター	$8.52\times10^{-5}s^{-1}$
密度	$1020kg/m^3$

流の差分を誤差の指標として用いる．

2. 研究方法

下記の手順で，本研究を進める．(1)通常のメッシュの作成(800 m,1600 m)．(2)調和解を行い，潮汐パラメーターの調整．(4)800m と 1600m の残差流の差分を

計算し比較する．計算については，伊勢湾シミュレーター（STOC-LT）という従来の計算モデルよりも計算時間の短縮が図られた並列計算可能な数値計算モデル^{3, 4)}を用いて分潮と呼ばれる太陽や月などの引力によって変化する要素の合成である潮汐のみを考慮した．今回用いた計算条件（表-1），メッシュ地形図（図-2）を示す．

境界条件については，モデルの再現性を確認するために潮汐のみを与え，河川流入，気象条件，塩分濃度，水温などは考慮していない．

3. 結果

3.1. 潮汐パラメータの調整結果

潮汐を調和分解によって振幅と位相に分け，良好な結果が得られるまで調整を合計7回行った．振幅の計算値と観測値の関係について（図-3）は計算値と観測値がほぼ等しい結果となった．位相の計算値と観測値の関係について（図-4）はS₁，MSf分潮に大きな誤差が見られる結果となった．

位相の調整結果から，S₁とMSf分潮に誤差が大きく見られた．ばらつきのあった地点を調べたところ，鳥羽などの湾口付近の箇所であった．これら地点は湾内でも潮汐の変動が大きく安定しない地点であった．それ以外の地点については計算値が観測値に近い値であったことから，湾奥などの潮汐の安定した名古屋の地点に着目することで振幅と位相ともに良好な計算結果が得られたと言える．

3.2. 計算時間の比較

計算時間については表-2に示す．400 mメッシュについては前計算で試験的に計算を行ったところ，計算時間が約50日かかることが予想されたので途中で中止した．400 mメッシュ計算時間は目安である．800 m及び1600 mでは約4.5時間，約1.5時間と通常のメッシュでも計算時間が大幅に短縮できていることが確認できた．

計算に用いた各メッシュの格子数と時間の相関関係についてを図-5に示す．メッシュの個数が増えるごとに計算時間も指数関数的に増加していることが図からも確認することができる．

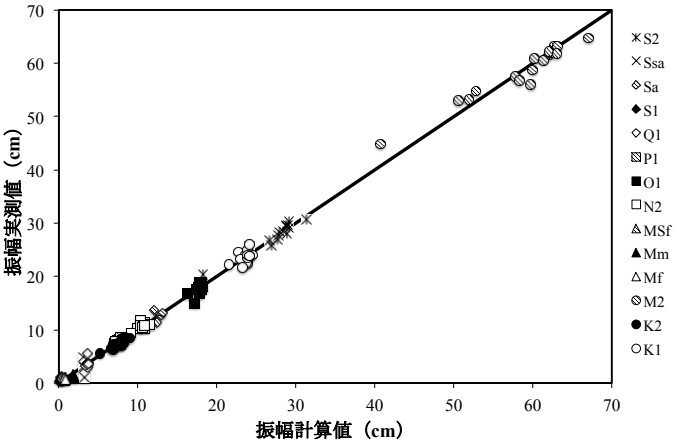


図-3 分潮毎の振幅の計算結果

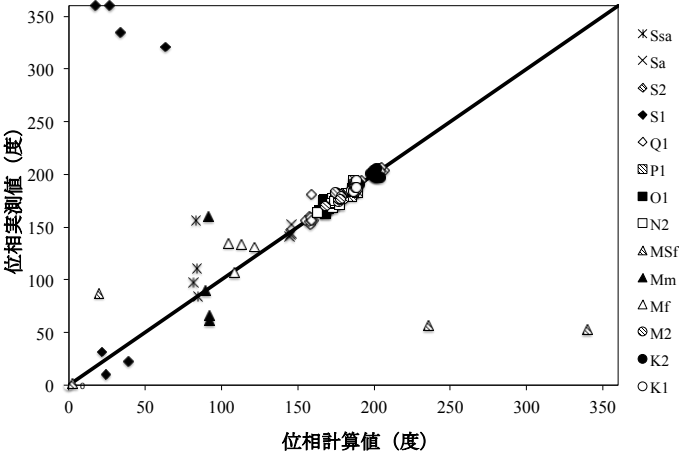


図-4 分潮毎の位相の計算結果

表-2 各メッシュの計算時間

メッシュサイズ	メッシュ数	計算時間
400 m	377469 個	約 50 日
800 m	94174 個	約 4.5 時間
1600 m	22422 個	約 1.5 時間

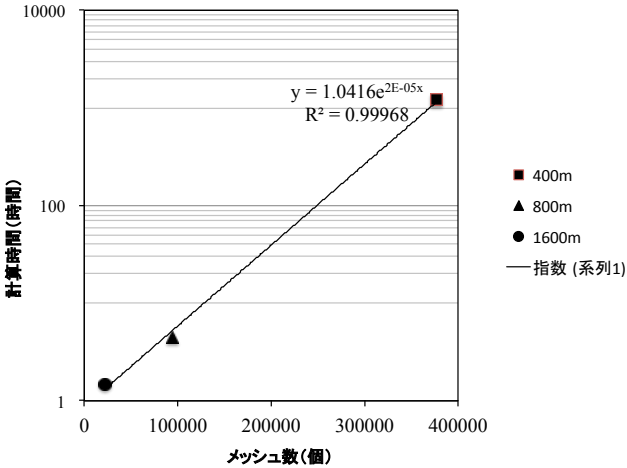


図-5 メッシュ数と計算時間の関係

3.3. 残差流の比較

通常のメッシュの800 m及び1600 mのメッシュ計算から残差流を求めた。その結果を図-6と図-7に示す。海峡部付近で流れが強くなっている様子や湾口付近の動きも800 mと1600 mでともに再現性が確認された。海峡部付近で反時計周りの流れができていることも見られた。海峡部右側(三河湾湾口)に1600 mメッシュで流速が大きくなっており、800 mメッシュとの違いが現れた。

4. 考察

800 mと1600 mメッシュについての残差流ベクトル図を比較すると海峡付近で違いが見られた。この誤差を見るために800 mメッシュの残差流ベクトルを1600 mのメッシュサイズに変換し両メッシュでの差分を求めた。800 mと1600 mメッシュの残差流ベクトル差分図を図-8に示す。この図から海峡付近で全体的に誤差が大きく、海峡部の右側、特に三河湾湾口付近でより流速の誤差が大きくなっていることがわかる(図-9に海峡部の拡大図を示す)。また、湾口中央でも流速の誤差が大きくなっている箇所が見られたが、湾口付近では外洋水の影響を受けるため流速が大きくなったと推察される。この差分図から海峡付近のメッシュを細分化すれば計算の効率化、計算時間の短縮化が図れると考察した。この結果を踏まえてメッシュを部分的に細かくすることができるBuilding Cube Method(通称:BCM)と呼ばれるネスティング手法⁵⁾を用いることができるのではないかと推察した。

5. 結論

直交格子を用いて、伊勢湾を対象にして流動計算を行った。800 mと1600 mのメッシュ用いて誤差及び計算にかかる時間を比較しこのメッシュを細分化すれば計算が効率的であるか考察した。

本研究で得られた知見は以下の通りである。800 mと1600 mメッシュの計算時間は約4.5時間、約1.5時間となりメッシュの個数が増えるごとに計算時間も指数関数的に増加することが示された。また、800 mメッシュと1600 mメッシュの残差流の比較では、

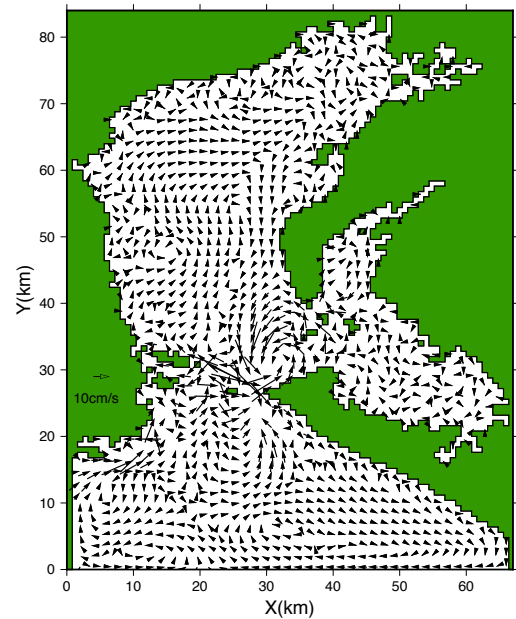


図-6 800 mを用いた残差流ベクトル

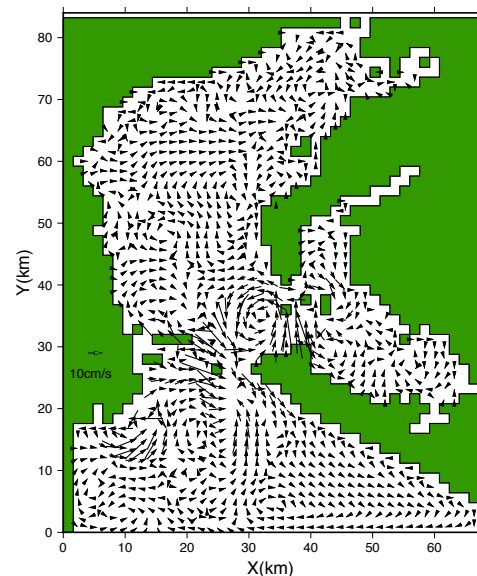


図-7 1600 mを用いた残差流ベクトル

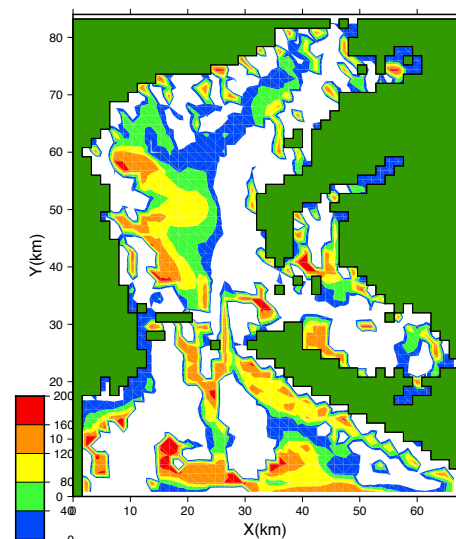


図-8 800mと1600メッシュの残差流ベクトル差分

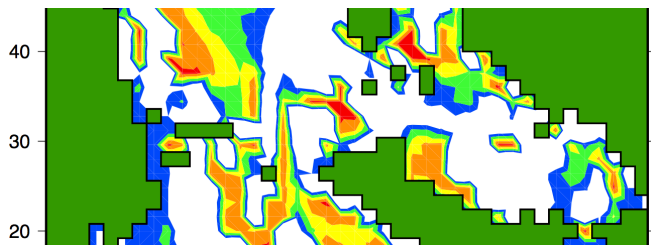


図-9 差分の海峡部拡大

両メッシュともに海峡付近で反時計回りの流れが再現されていた。また、海峡付近右側（三河湾湾口）にて、流速が大きくなり 800m メッシュと 1600m メッシュで違いが現れたが、これはメッシュサイズによる誤差だと推察した。

両メッシュの差分図から海峡付近右側（三河湾湾口）で誤差が大きくなった。外洋水の影響で湾口中央でも誤差が大きくなったことが確認された。そして、メッシュサイズが細かいほど地形表現の再現性の精度は良くなるが、計算時間が増加し効率が悪くなるということが示された。

差分図と既往の研究結果より海峡部付近のメッシュサイズを Building Cube Method(BCM)などのネスティング手法を用いて部分的に細かくすることで通常の直交格子と比較して計算時間の短縮化や計算の効率化が図れるのではないかと考察した。

参考文献

- 1) 古山彰一，堀達明，作道真紀，青木伸一：適応格子を利用した沿岸域での高精度シミュレーションの実現，海岸港湾工学論文集，第 53 巻，2006,pp.1
- 2) 田中陽二，岡崎光平，佐々木淳：閉鎖性内湾における残差流に着目したメッシュ細分化指標の検討，土木学会論文集 B3(海洋開発)，2013,1pp.1-2
- 3) 田中陽二，鈴木高二郎：密度流・湧昇流の計算を目的とした三次元沿岸域流動モデルの開発について，港湾空港技術研究所報告（REPORT OF PARI），第 49 巻 第 1 号，2010
- 4) 田中陽二，中村由行，鈴木高二郎，井上徹教，西村洋子：微生物ループを考慮した浮遊生態系モデルの構築港湾空港技術研究所報告（REPORT OF PARI），第 50 巻 第 2 号，2011
- 5) 渡辺昌俊，中橋和博：修正 Building-Cube 法による非圧縮性流体解析，日本機械学会論文集（B 編）76 巻，2011,pp.24-25