

卒業論文

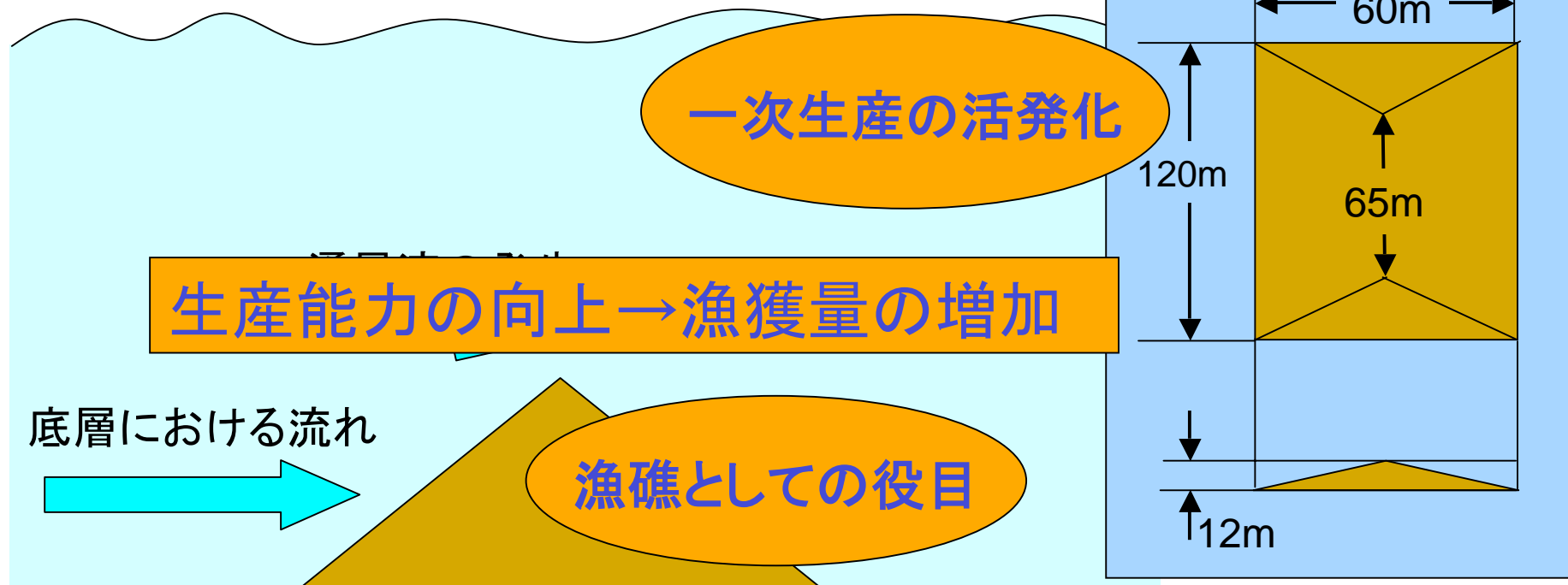
人工海底山脈周辺海域における 流れの数値シミュレーション

指導教官 多部田 茂 助教授

20744 清水 雄太

人工海底山脈とは

- コンクリートブロックを沈設した山型構造物
 - 人工湧昇流を発生させる効果
 - 漁礁としての効果



本研究の位置づけ

人工湧昇流による効果の評価

対象海域にマッチした生態系モデルの開発

対象海域における流れの数値シミュレーション

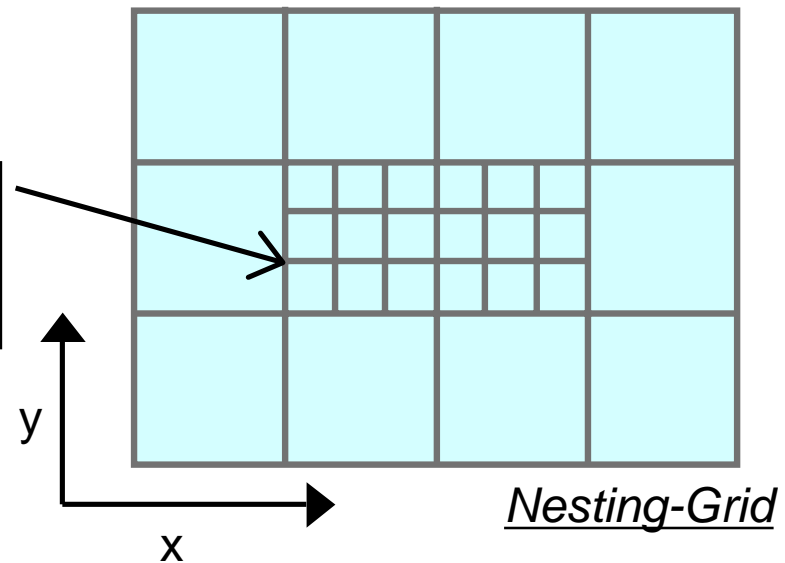
小さなスケール: 人工海底山脈に起因する流れの再現

大きなスケール: 人工海底山脈周辺海域における流れの再現

数値シミュレーション手法

- 使用するモデル: MEC – Nesting version
 - 海洋の流れと水温・塩分場の3次元計算モデル
 - 局所細分化格子 (Nesting) を採用し、スケールの異なる現象を同時に計算できる。
 - デカルト座標系を用いているため、海底の再現性が低い。

格子を分割して小さなスケールの現象を再現する



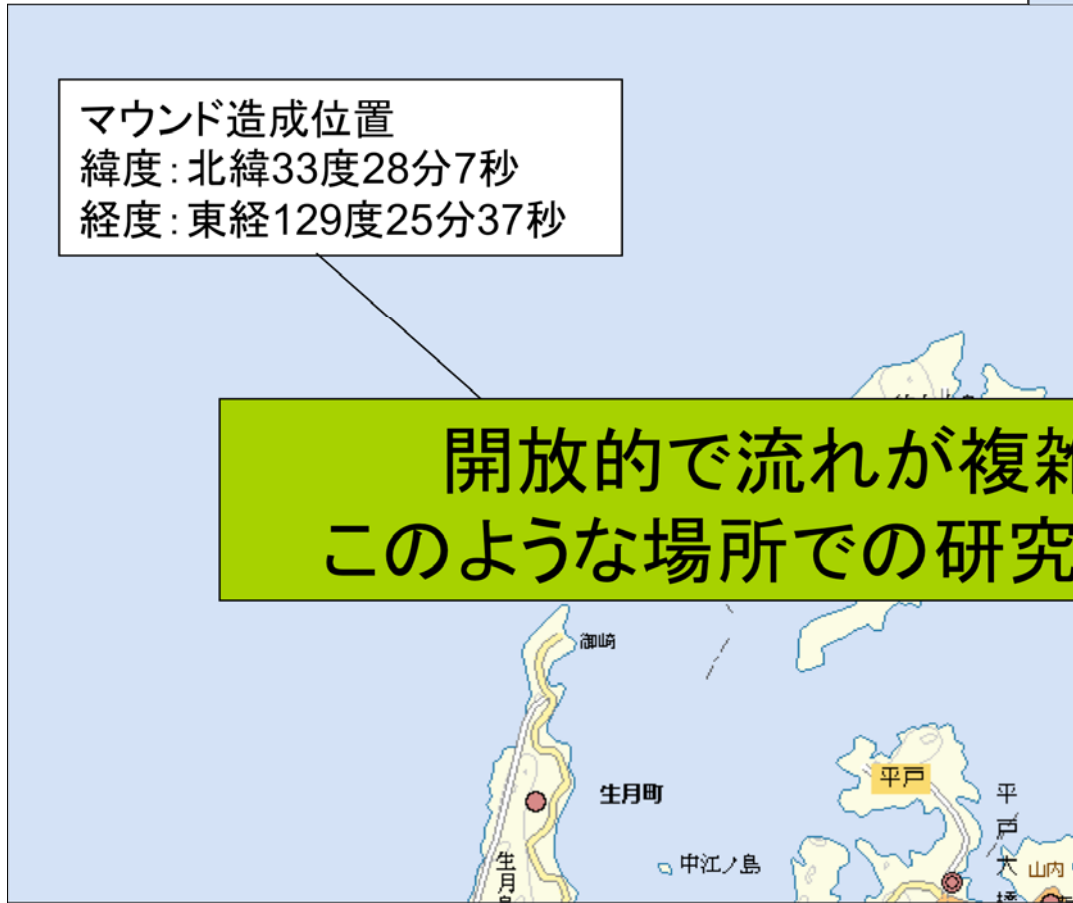
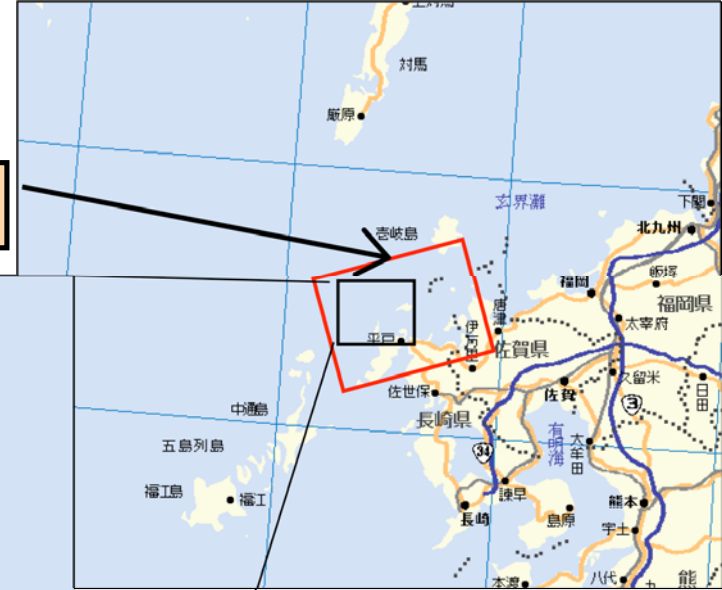
研究対象海域

長崎県生月島沖

計算領域

マウンド造成位置
緯度: 北緯33度28分7秒
経度: 東経129度25分37秒

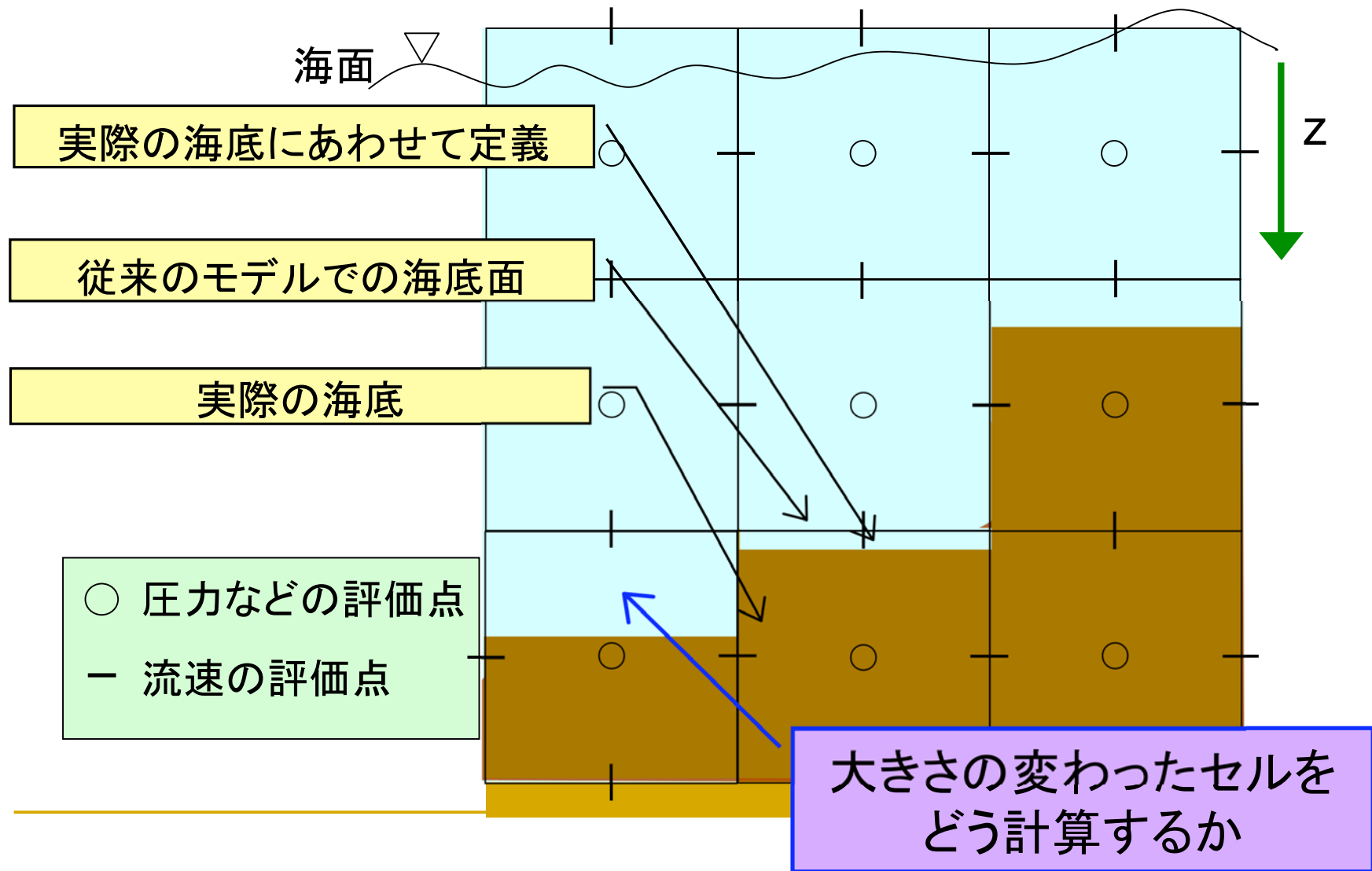
開放的で流れが複雑な海域
このような場所での研究例は少ない



目的

- 人工海底山脈を計算格子上に表現するために必要な、海底地形の取り扱いの改良
 - 開放的な海域における適切な境界条件を決定する手法の構築
-

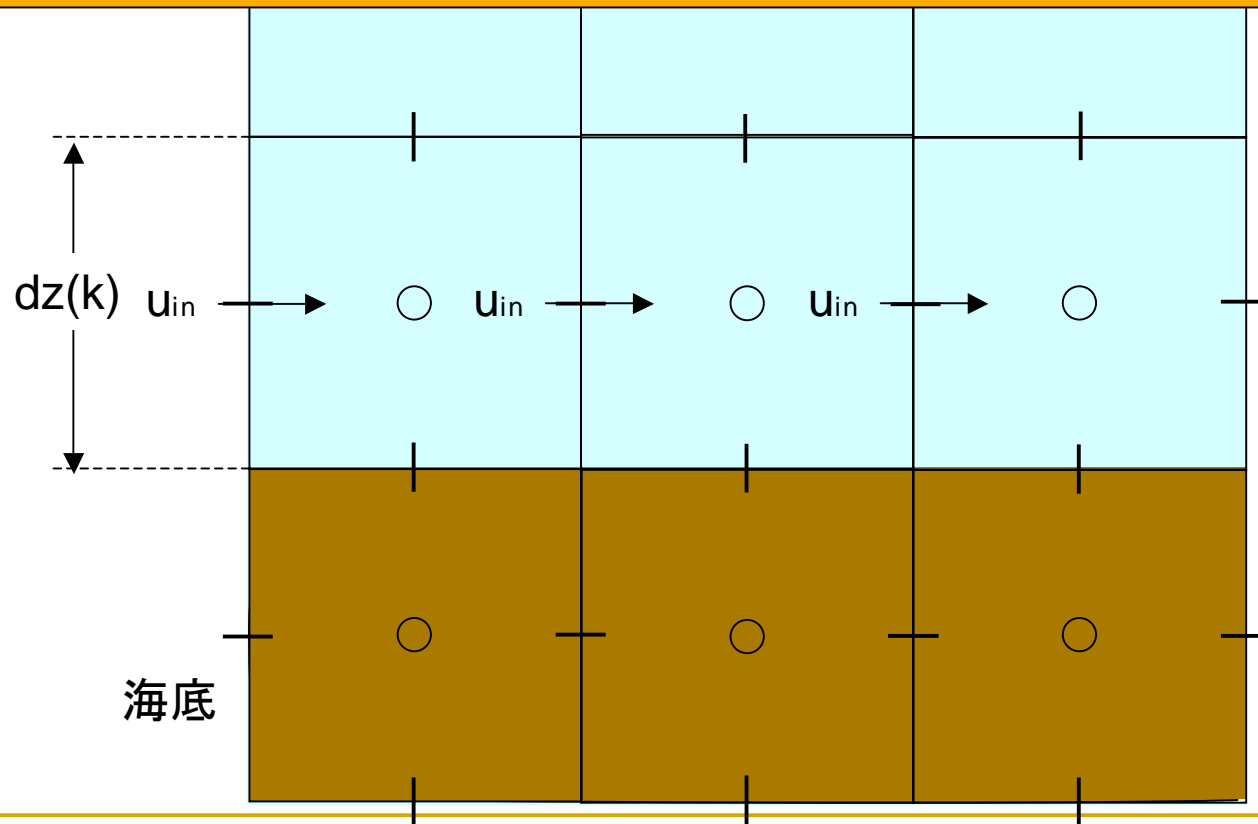
海底地形の取り扱い



海底地形の取り扱い—手法1

手法1

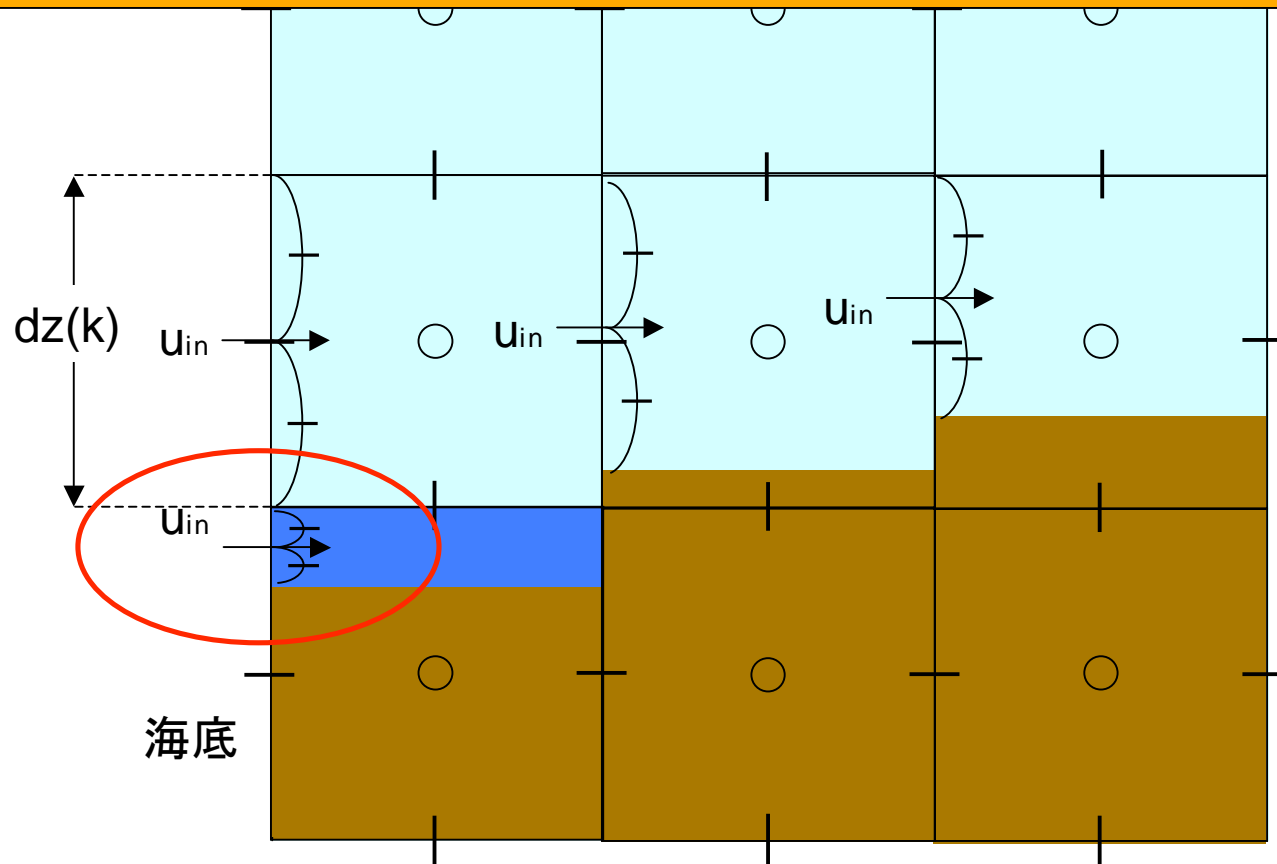
従来通り、海底面でセルを変化させないで計算する



海底地形の取り扱いー手法2

手法2

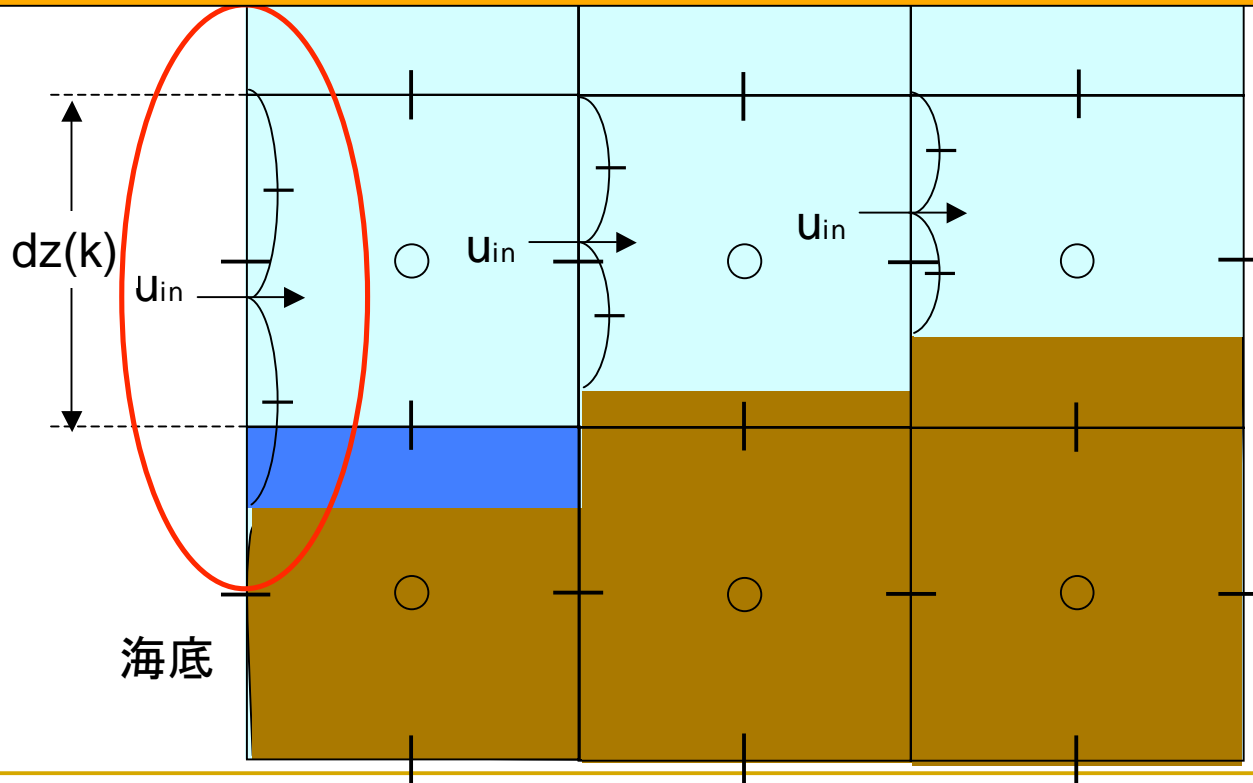
厚さの変化したセルも、通常と同じように計算する



海底地形の取り扱いー手法3

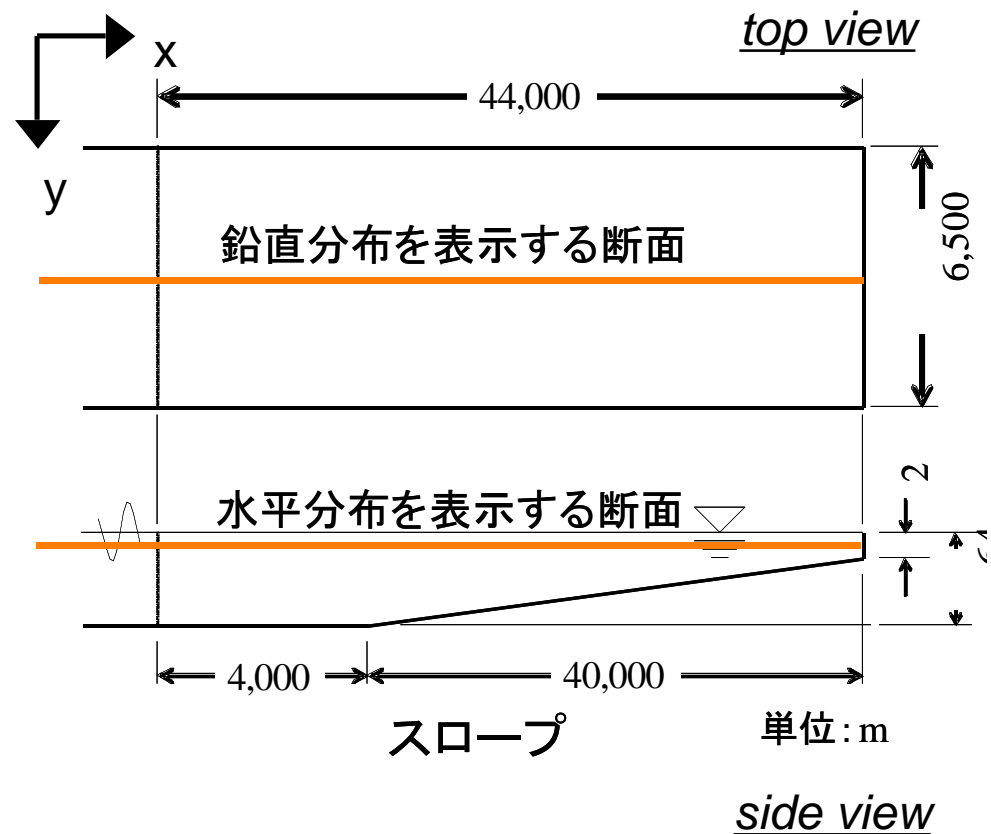
手法3

厚さが半分以下に変化したセルは、
ひとつ上のセルと結合させ、代表的な速度を求める

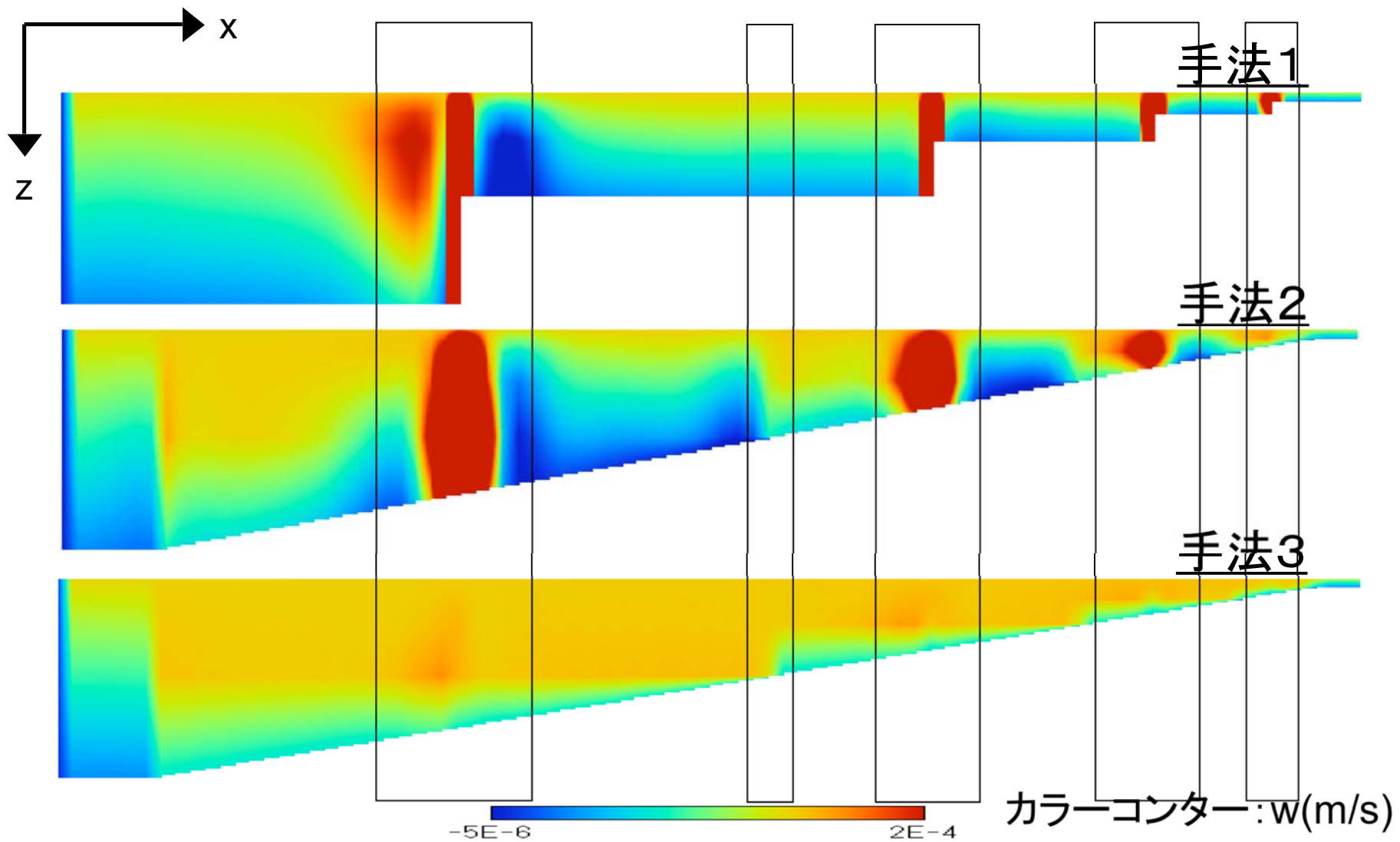


海底地形の取り扱いー比較計算 計算条件

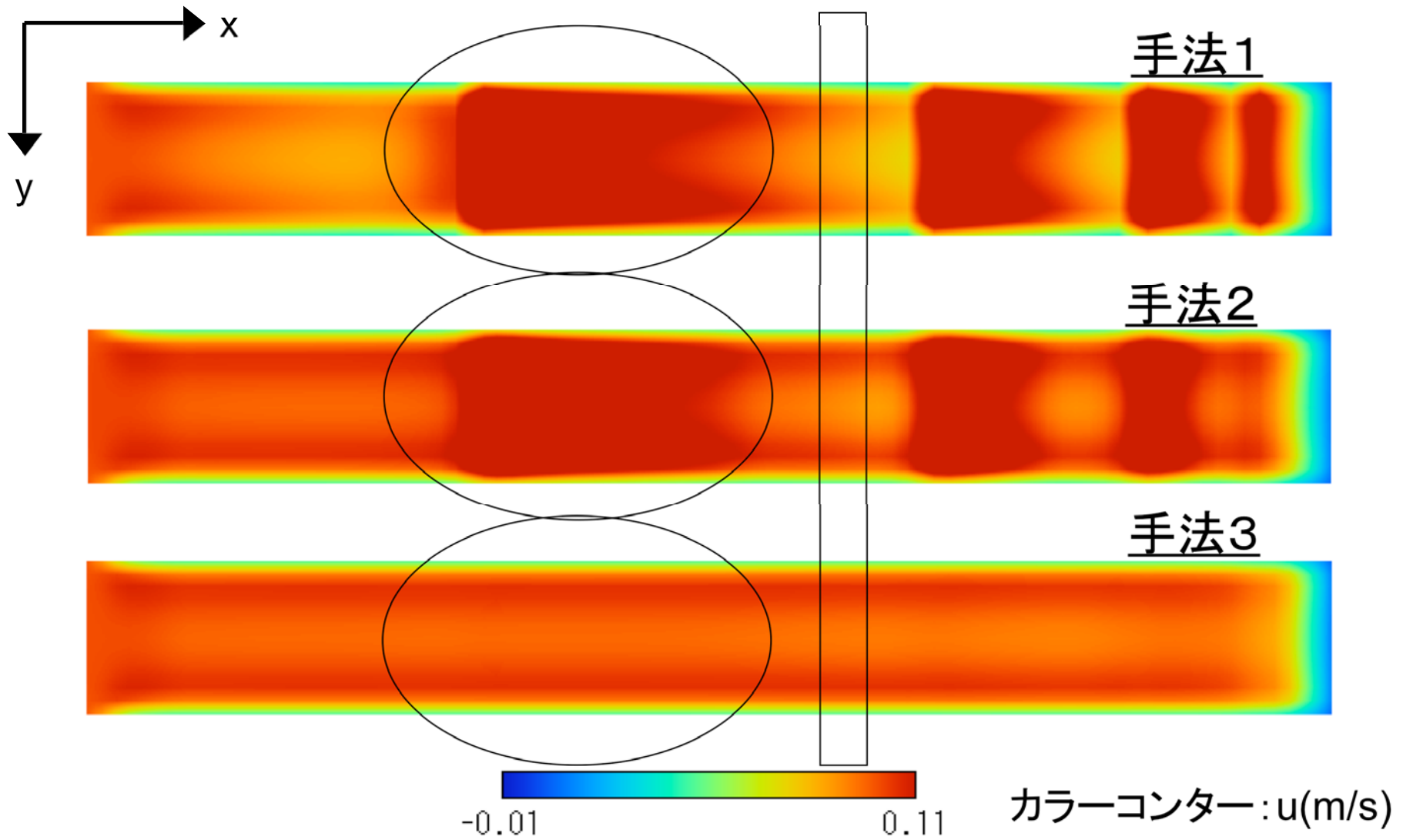
- 密度:一定
- 格子間隔
 - 水平方向:500m
 - 鉛直方向:
2m,4m,8m,16m,32m,64m
- タイムステップ:10秒
- 計算時間:2日間
- 開境界条件
 - 振幅0.5m、周期12時間
 - 無反射境界条件
- 海底摩擦:考慮する
- 側壁との摩擦:考慮する
- コリオリ力:考慮しない



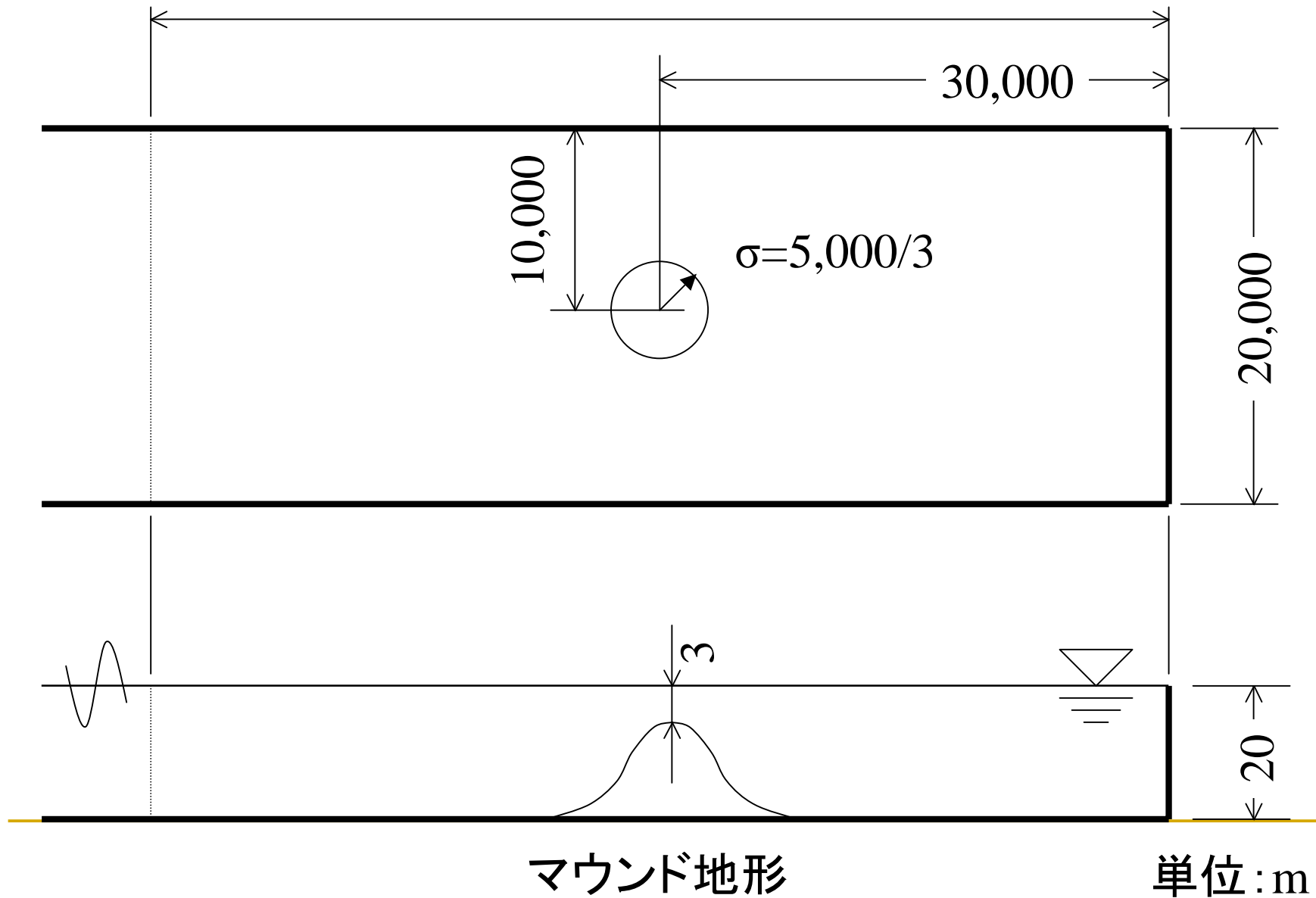
各計算手法の比較－鉛直方向の流速(上げ潮時)



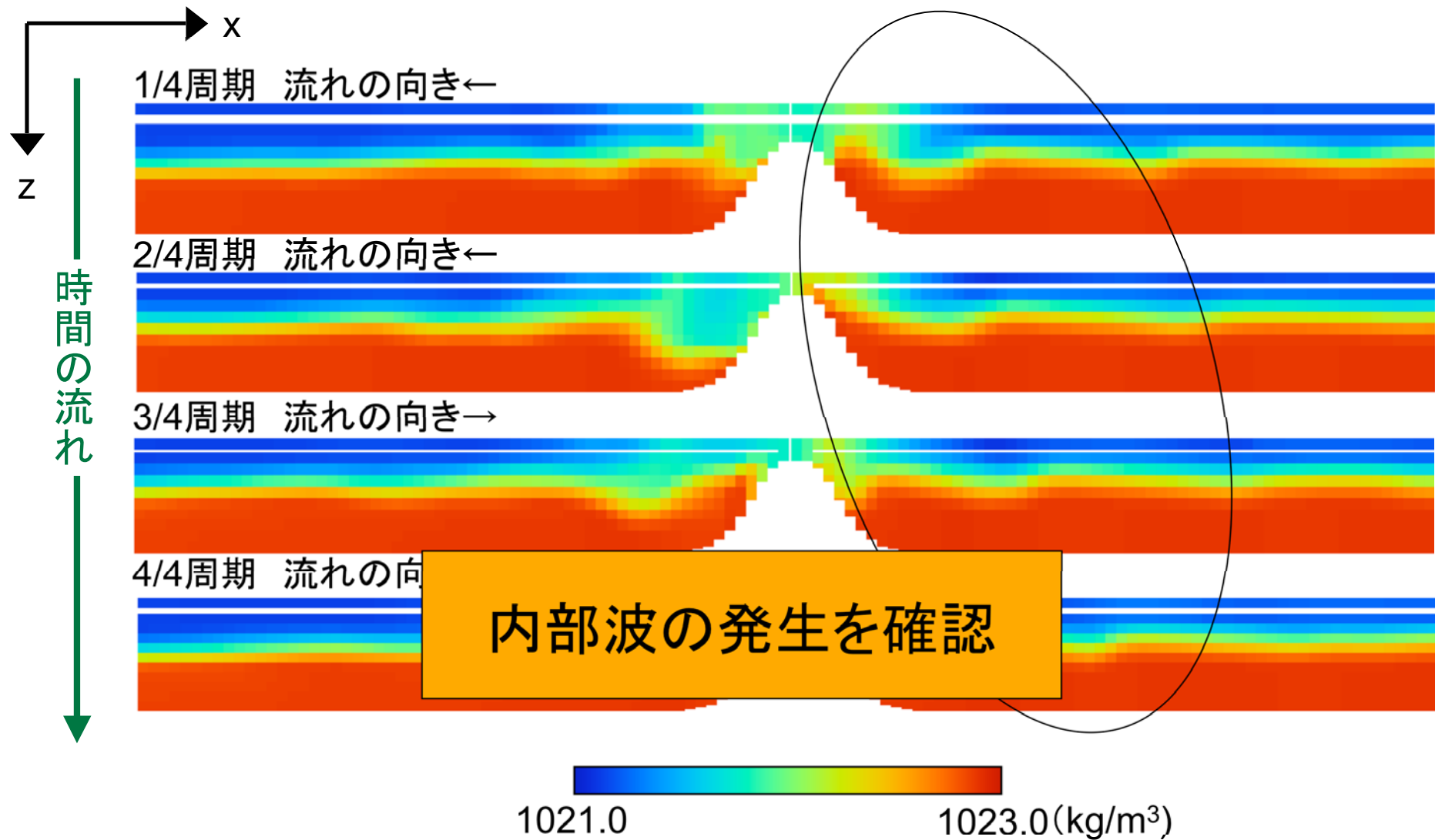
各計算手法の比較－水平方向の流速(上げ潮時)



マウンド地形への適用



マウンド地形への適用結果 密度の鉛直分布

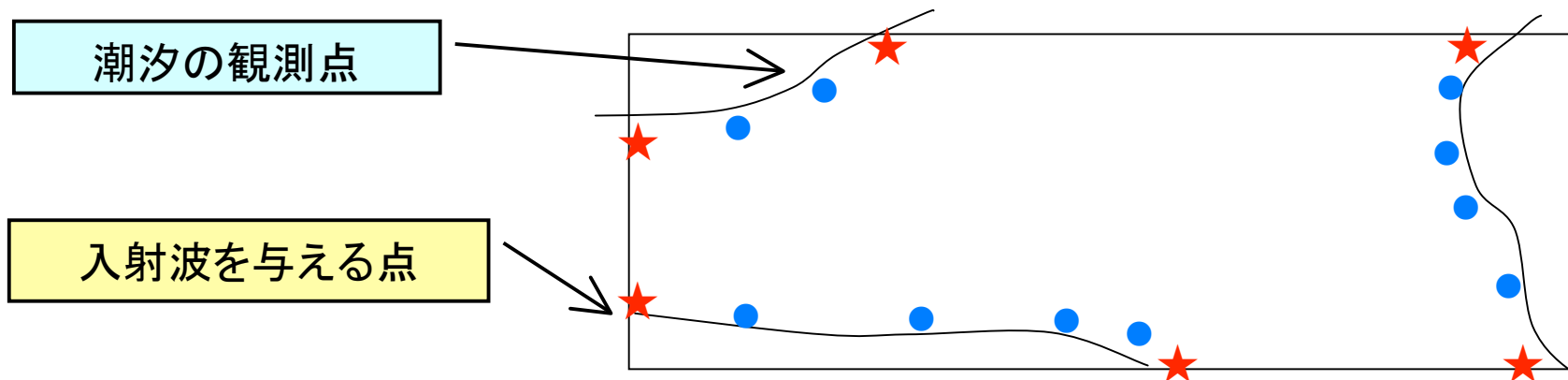


目的

- 人工海底山脈を計算格子上に表現するために必要な、海底地形の取り扱いの改良
 - 開放的な海域における適切な境界条件を決定する手法の構築
-

開放的な海域における潮流の再現方法の構築

- 📁 開境界における波を入射波と反射波に分離する(日野、1987)
- 📄📁 開境界のある点に、単位振幅の入射波を与えたときの、各観測点での振幅、位相をフーリエ変換して求める
- 📄📁 これを開境界の両端の点すべてで行う
- 📄📁 潮汐の線形性を仮定し、観測点での位相・振幅が観測データに合うように各入射波の振幅、位相を求める



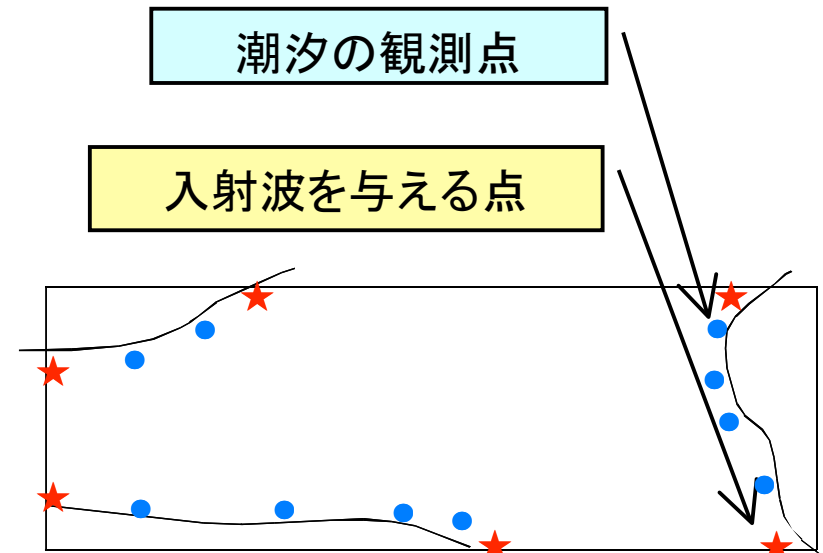
開放的な海域における潮流の再現方法の構築

$$\eta_{jk} = K_{jk} \exp^{i\omega t} \quad (K_{jk} = \alpha_{jk} \exp^{i\beta_{jk}})$$

$$\eta_j = Z_1 \eta_{j1} + Z_2 \eta_{j2} + \cdots + Z_n \eta_{jn}$$

$$\eta_j = K_j \exp^{i\omega t} \quad (K_j = \alpha_j \exp^{i\beta_j})$$

$$\begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} & \cdots & K_{1n} \\ K_{21} & K_{22} & \cdots & K_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K_{m1} & K_{m2} & \cdots & K_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \vdots \\ Z_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K_1 \\ K_2 \\ \vdots \\ K_m \end{pmatrix}$$



η : 水位

K : 位相・振幅

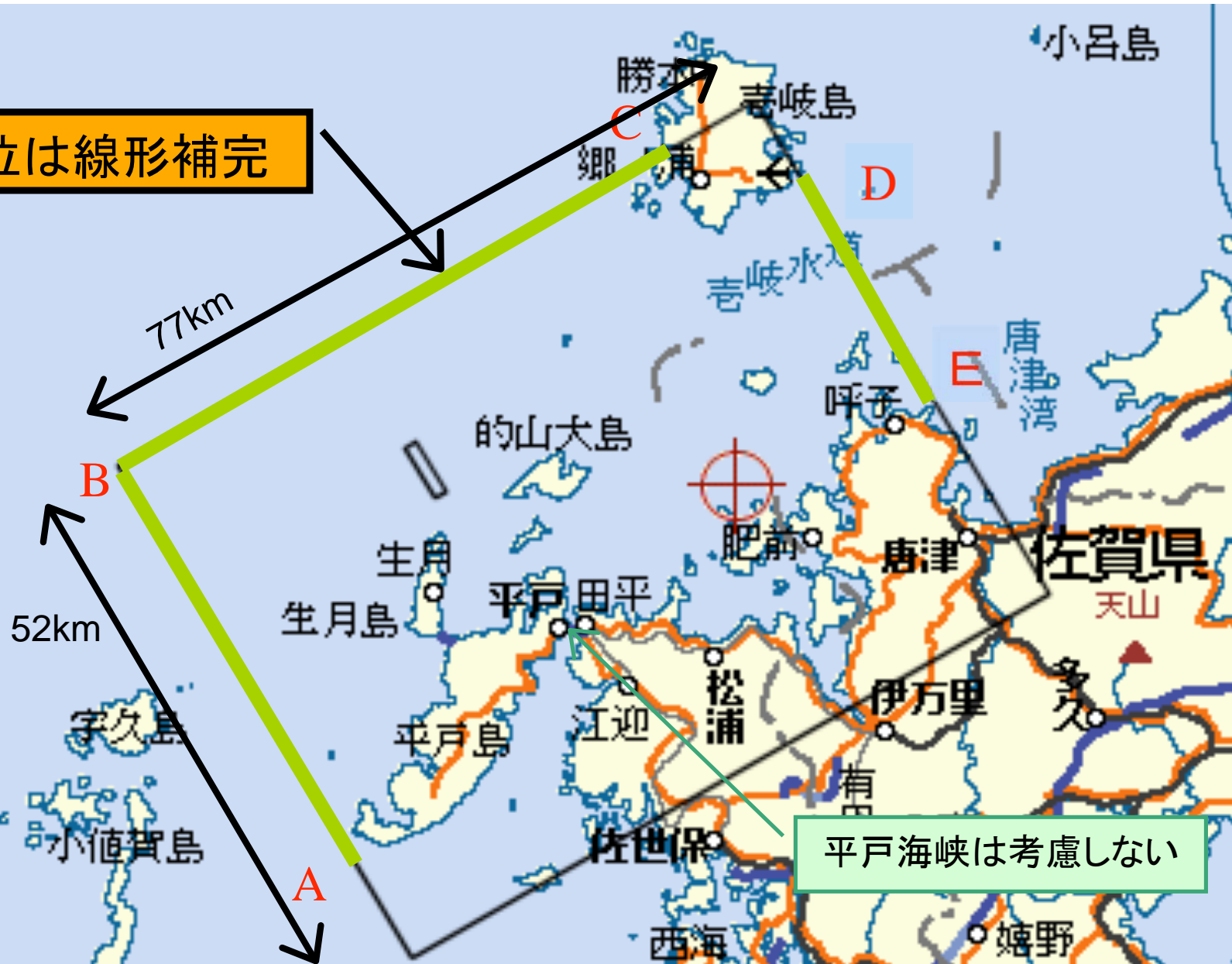
α : 振幅

β : 位相

観測点数 $m \geq$ 境界条件数 n なので最小自乗法で Z_1, Z_2, \dots, Z_n を求める

計算領域

潮位は線形補完



開境界条件の決定－入射波－結果

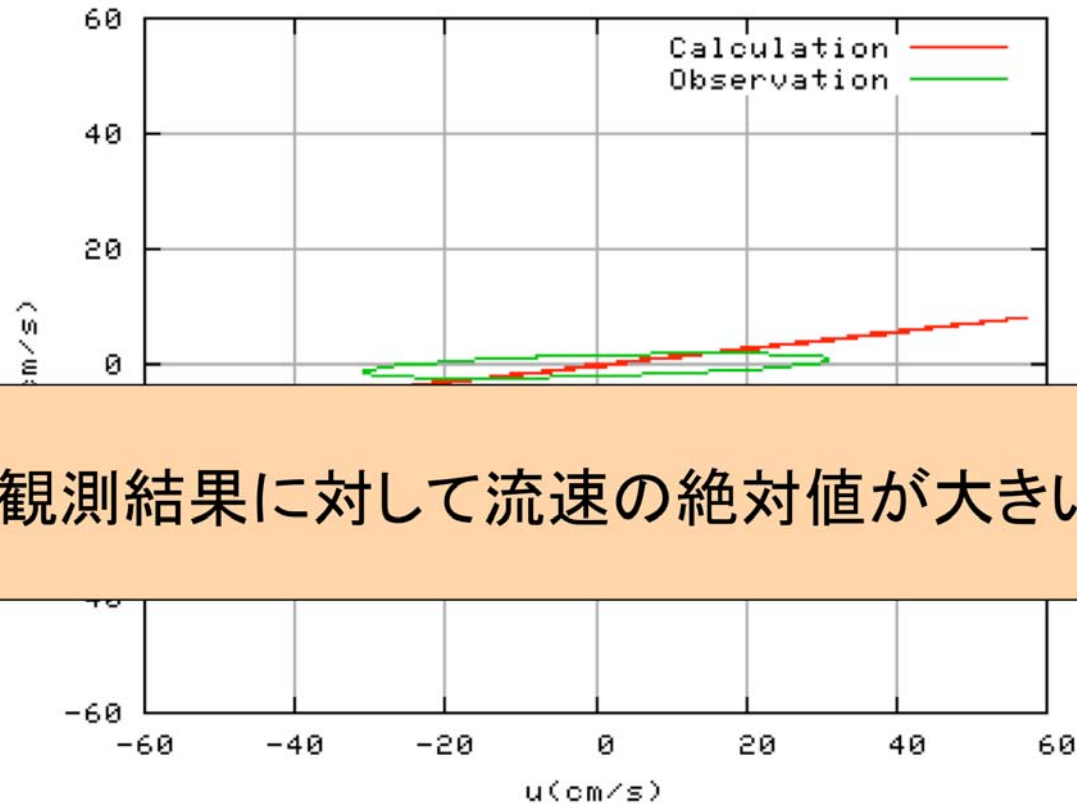
観測点	観測結果		計算結果		振幅誤差		位相誤差	
	振幅(m)	位相差(°)	振幅	位相差				
Siziki	0.800	0.0	0.800	0.0	0.000	0.0		
Usuka	0.740	11.0	0.727	10.5	0.013	0.5		
Ikitsuki	0.697	7.0	0.721	10.5	-0.024	-3.5		
Gonoura	0.652	13.4	0.682	15.7	-0.030	-2.3		
Yobuko					0.011	-4.8		
Kariya				17.8	0.012	3.2		
Otobishima	0.703	16.9	0.684	16.6	0.019	0.3		
Matsuura	0.688	15.6	0.686	16.4	0.002	-0.8		
Sin-Mikuriya	0.706	18.7	0.689	15.2	0.017	3.5		

非常に良く一致している

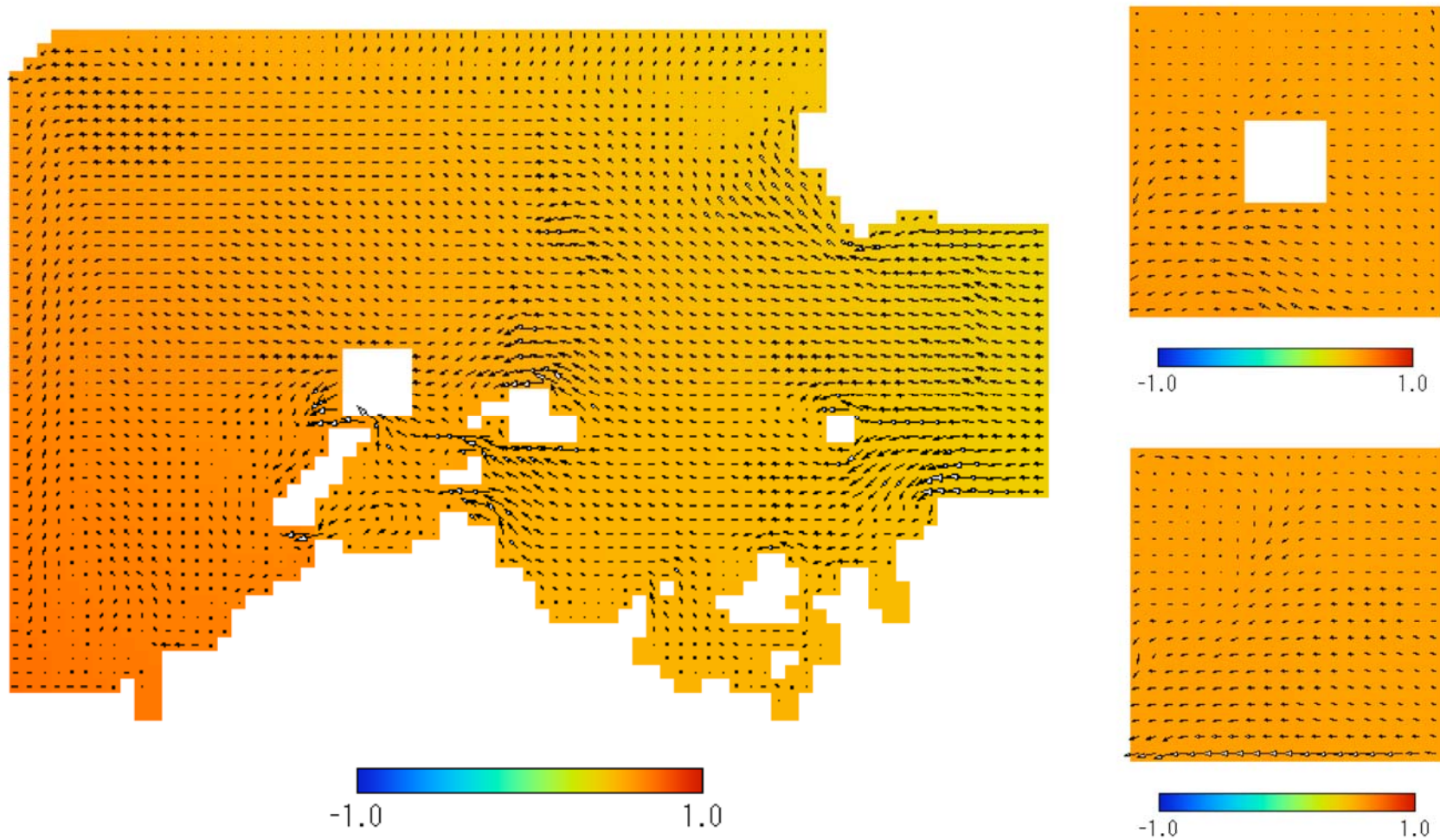
人工海底山脈設置付近海域での潮流楕円

■ 計算結果

- 流向に関しては、観測結果とほぼ一致
- 潮流楕円の長軸は計算では約60cm/s 観測では約30cm/s

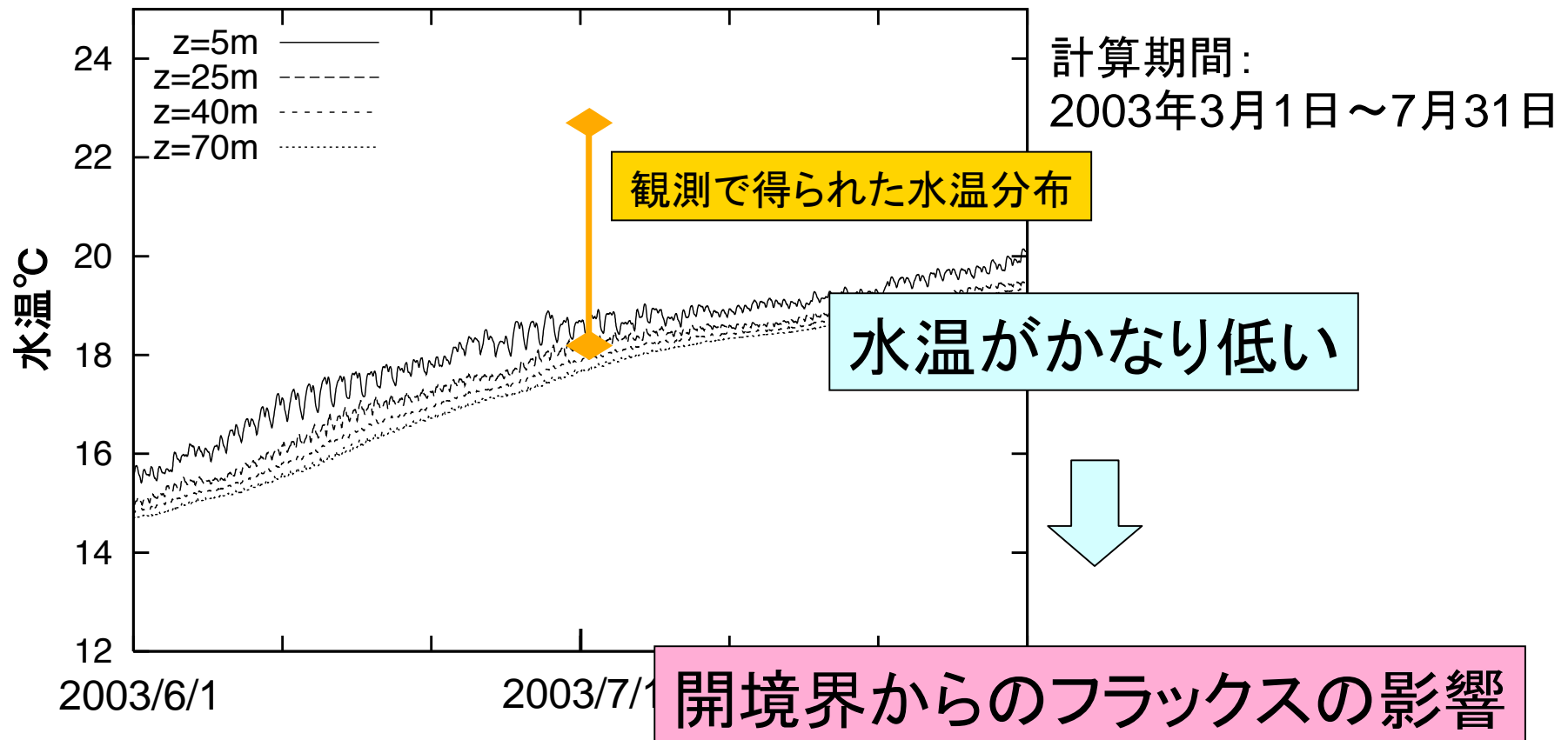


局所細分化格子を適用した人工海底山脈周辺の計算



開境界条件の決定－水温・塩分－

■ 海面からのフラックスのみを考慮した計算の結果



結論

- 海底付近のセルの厚さを変更し、なだらかに推移する海底を表現することによって、より現実に近い流れを再現することができた。人工海底山脈に適用したところ、内部波の発生を確認できた。
 - 開放的な海域で、開境界における入射波を推定し、潮流を再現する手法を構築した。
 - 対象海域における水温分布を再現するには、海面からの熱フラックスだけではなく、開境界からの熱フラックスも重要であることがわかった。
-

今後の課題

- モデルの精度を向上させるために、潮汐の観測点を増やす必要がある。
- 開境界から熱フラックスを与えても、安定した計算ができるような工夫が必要である。

開境界条件における課題を克服すれば、
開放的な海域における数値シミュレーションは可能である。

了

ご清聴ありがとうございました。
