

流動－水質－波浪カップリングモデルを用いた 底層DOに及ぼす波浪の影響解析

○出口博之，鹿島千尋，中谷祐介（大阪大学大学院 工学研究科）

背景

大阪湾奥部では毎年5～11月に貧酸素水塊が発生し，水生生物等への悪影響が問題視されている．そのため，水環境の保全・創造に関する方策を検討するにあたり，**溶存酸素（DO）濃度の変動機構を把握**することは重要である．

観測結果の分析

2017年の神戸港波浪観測塔における連続観測データを分析した結果，気象擾乱時には底層DO濃度が上昇する傾向がみられた．

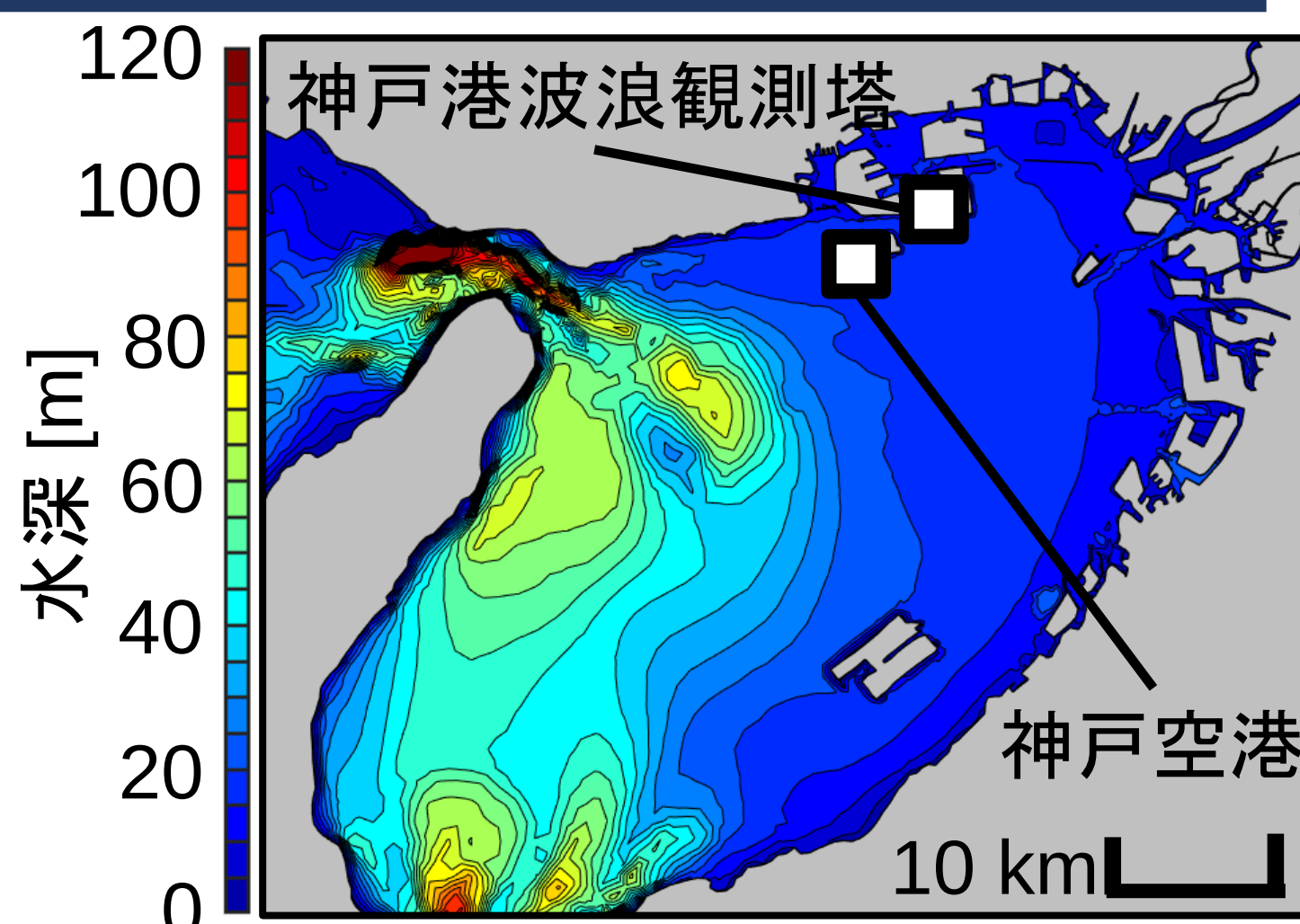


図1 大阪湾の地形

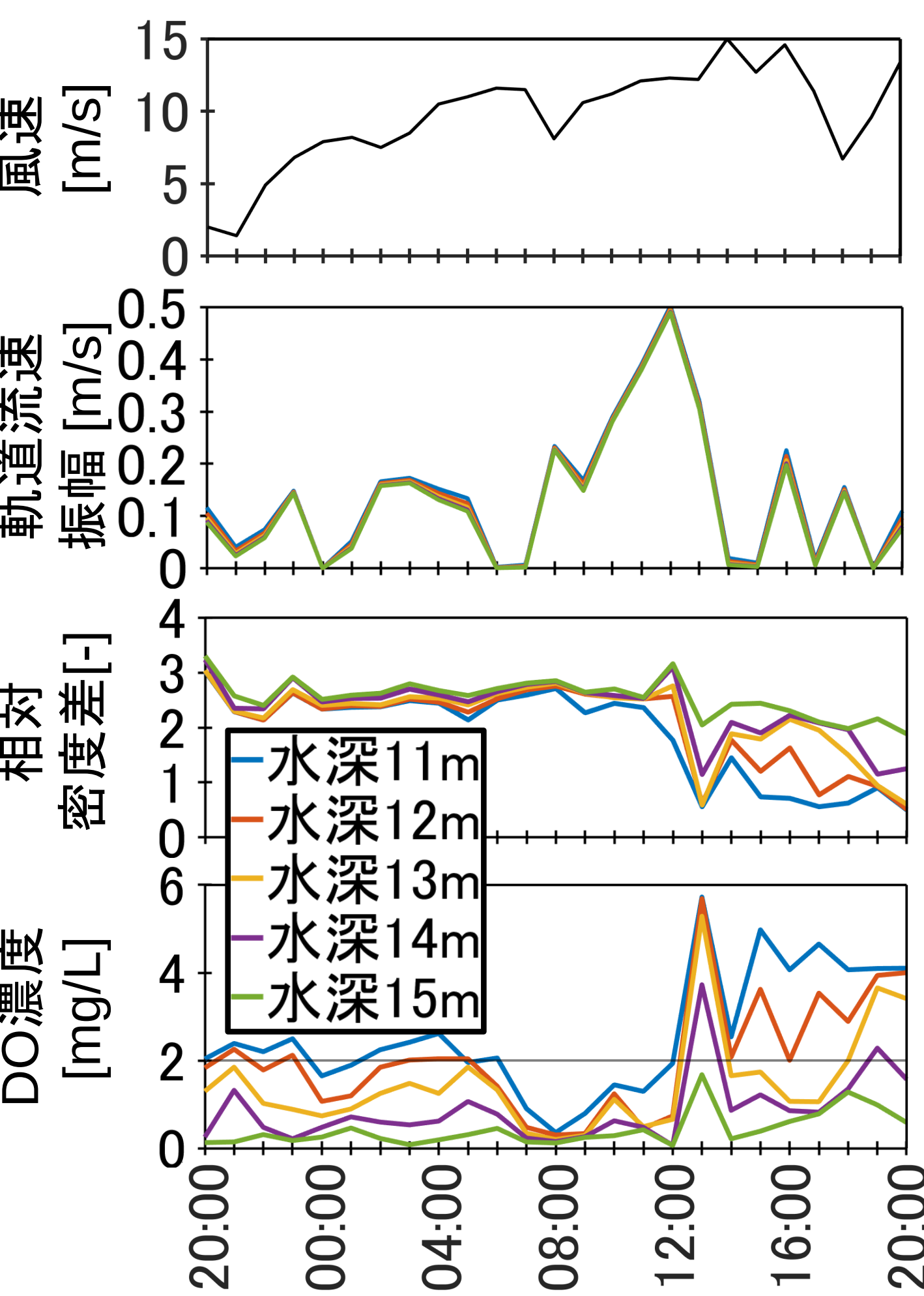
軌道流速振幅：

波浪による生じる水粒子の速度の大きさ．波高と周期から計算．

相対密度差：

$$\frac{(\text{その水深の密度}) - (\text{表層の密度})}{\text{その地点の密度}}$$

波浪により生じる水粒子の速度の増加，海水密度の変化，底層DO濃度の上昇がほぼ一致する時点があり，**波浪による海水混合の強化がDO濃度上昇を引き起こした可能性**が考えられた．

図2 気象擾乱時のDO濃度上昇の一例
(08/06 20:00 ~ 08/07 20:00)

- ✓ 波浪とDO濃度の関係は未だ明らかになっていない
- ✓ 従来の水質シミュレーションでは波浪の計算は行っていない

▶流動-水質-波浪カップリングモデルを用いて数値シミュレーション

数値シミュレーションの概要

流動モデル

流動計算にはSCHISM

(Zhang, 2016) を用いた．

水平方向の領域分割に非構造格子を採用し，湾奥部の複雑な地形を再現した．

水質モデル

水質計算にはCE-QUAL-ICM

(Cerco, 1993) を用いた．植物プランクトン，炭素，窒素，リン，酸素の生物化学過程を考慮している．

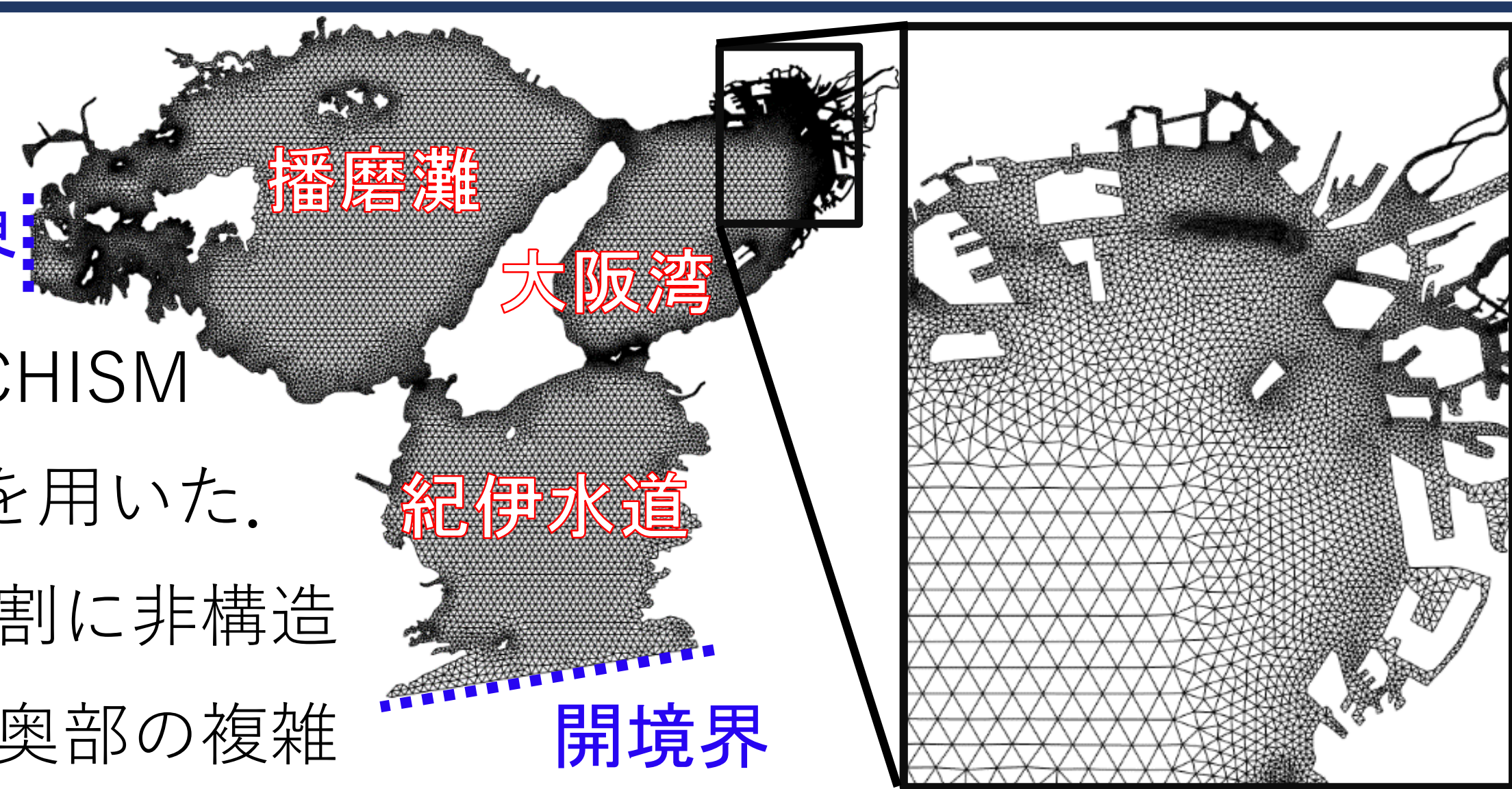


図3 計算領域

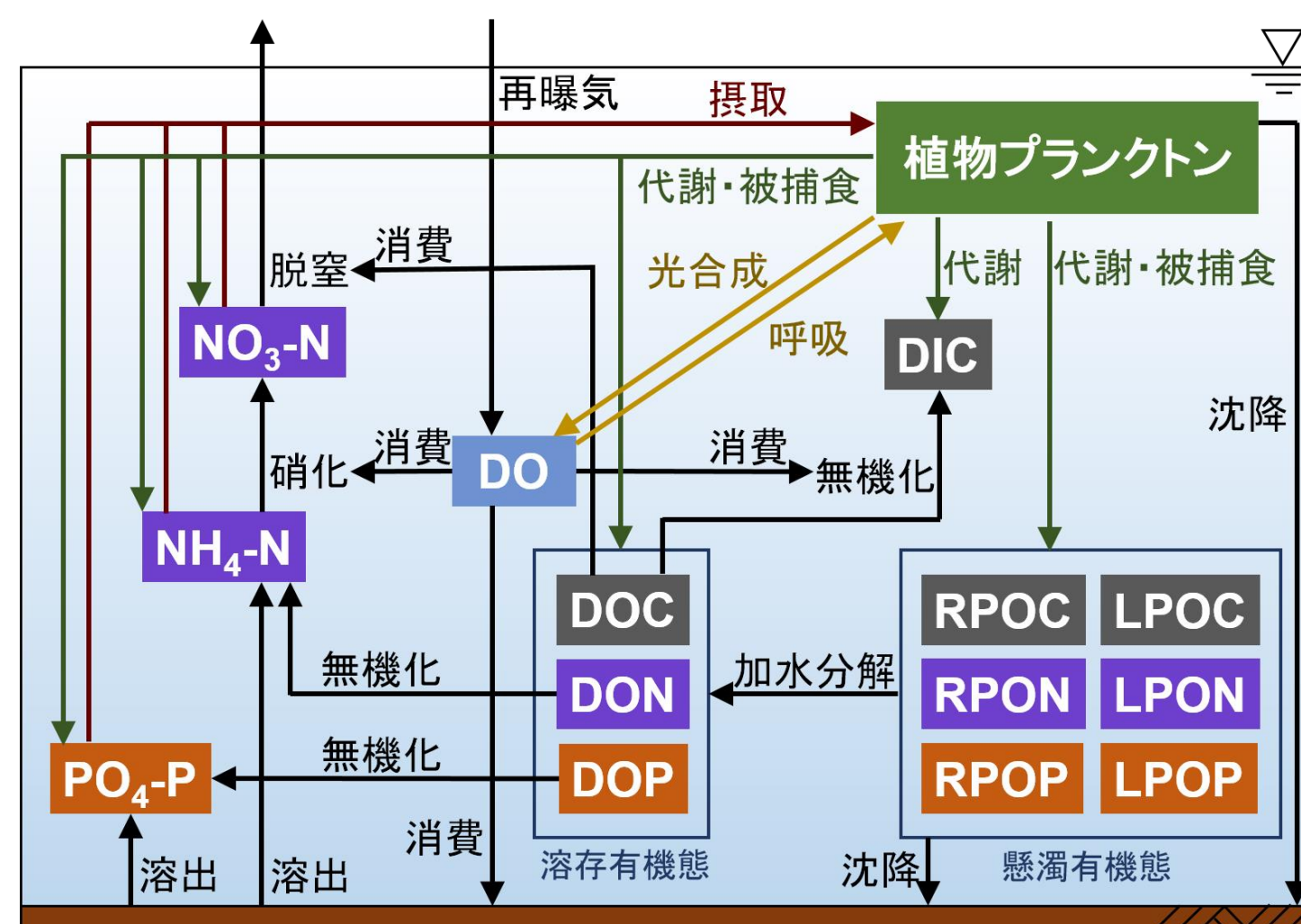


図4 水質モデルの概要

波浪モデル

波浪計算にはWWMIII (Roland, 2012) を用いた．風からのエネルギー供給，成分波間の非線形相互作用，白波砕波・浅海砕波・底面摩擦によるエネルギー消散を考慮している．

海面の強い流速シアや砕波は海水を混合させる．そこで，波浪の計算結果から海面での混合の強さを決定した．



図5 海面付近の乱れのイメージ

シミュレーションのケース

波浪モデルのカップリング有無の2パターンのシミュレーションを実施し，それらの比較から波浪の影響を評価した．

乱流諸量の海面境界条件の与え方		
	乱流運動エネルギー (TKE) [m²/s²]	乱流長さスケール [m]
波浪モデルなし	A × 風による海面せん断応力	$\kappa \times 0.00001$
波浪モデルあり	A × (風による海面せん断応力 + 砕波で失われるエネルギー)	$\kappa \times 0.6 \times \text{有義波高}$

A, κ : 定数

シミュレーション結果

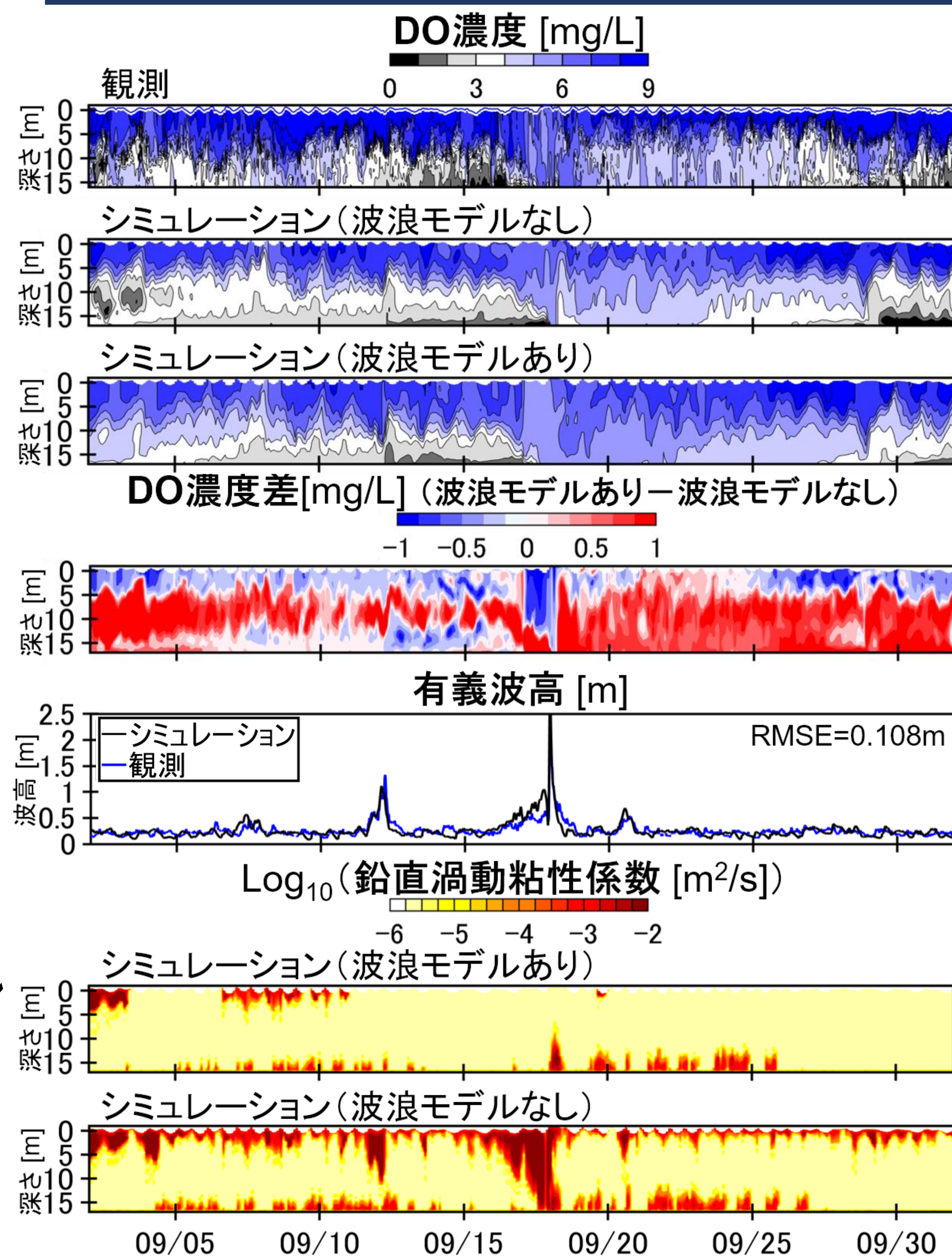


図6 DO濃度，有義波高，鉛直渦動粘性係数

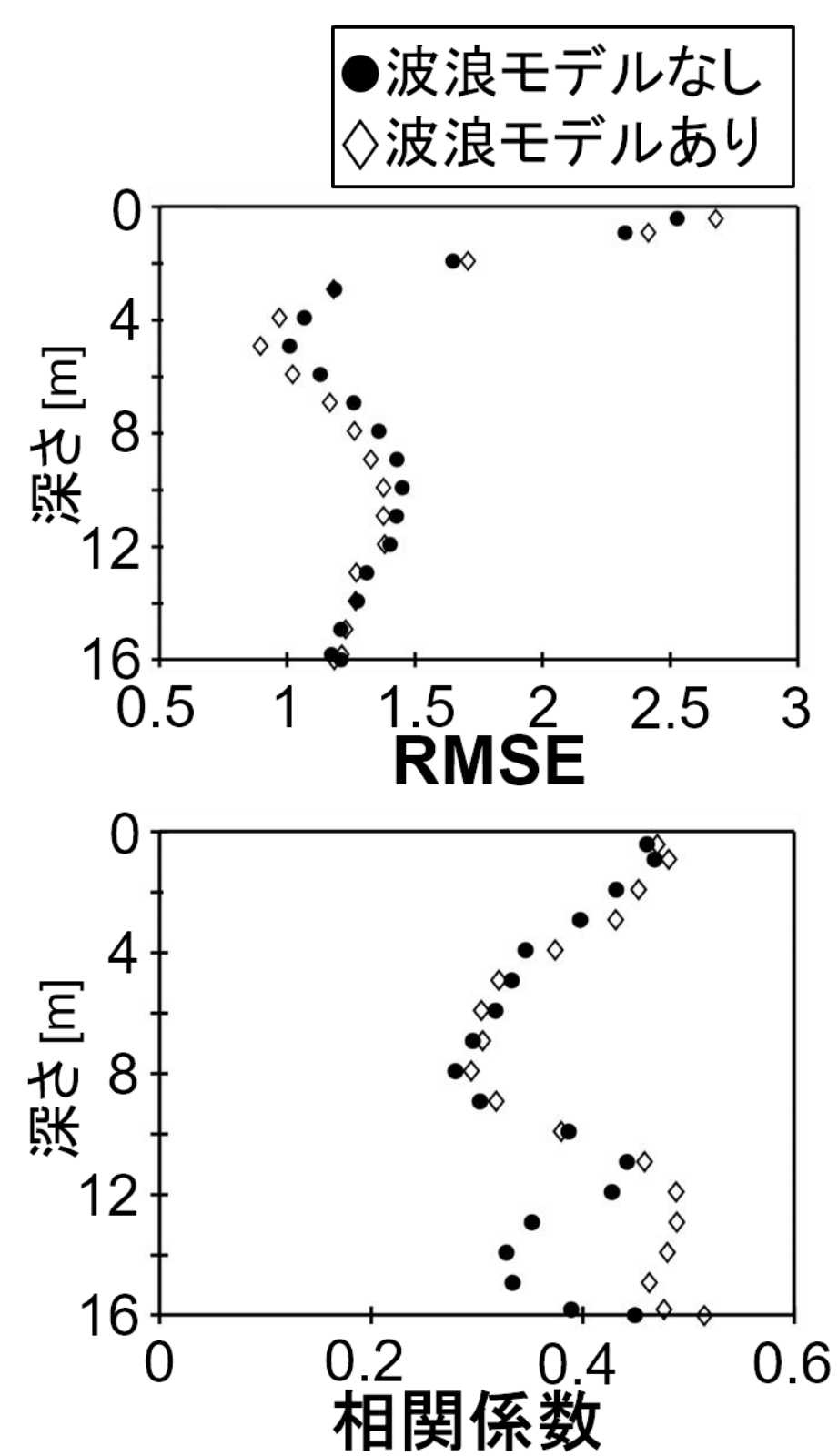


図7 DO濃度の観測と計算の時系列のRMSE・相関係数

波浪を考慮することでDO濃度の再現精度が向上した．

波浪を考慮しなかった場合，台風襲来時（09/18）の底層DO濃度上昇後，観測よりも早く貧酸素化が進行した．

一方，波浪を考慮した場合，しなかった場合よりも中底層のDO濃度が高く，波高の変動に応じて鉛直渦動粘性係数（海水混合の強度の指標）が大きな値を示した．**波浪を考慮することで海水混合が強まり表層から下層へのDO供給量が増加した．**

まとめ

- ✓ 波浪は海水鉛直混合を強め表層から下層へのDO輸送量を大きくし，貧酸素水塊の消長に無視できない影響を及ぼす
- ✓ 気象擾乱を含む期間の流動・水質シミュレーションにおいて，波浪モデルのカップリングは精度向上につながる．