

津波による大規模渦を対象とした 3次元汎用数値解析モデルの比較検討

株式会社ハイドロ総合技術研究所 二村昌樹
川崎浩司
関西電力株式会社 有光 剛

○研究の背景・目的

○対象とする3次元数値解析モデル

- OpenFOAM
- CADMAS-SURF/3D
- T-STOC

○パラメータの検討

- OpenFOAMを用いて、移流項の差分スキームを検討
(1次精度風上差分、2次精度風上差分)

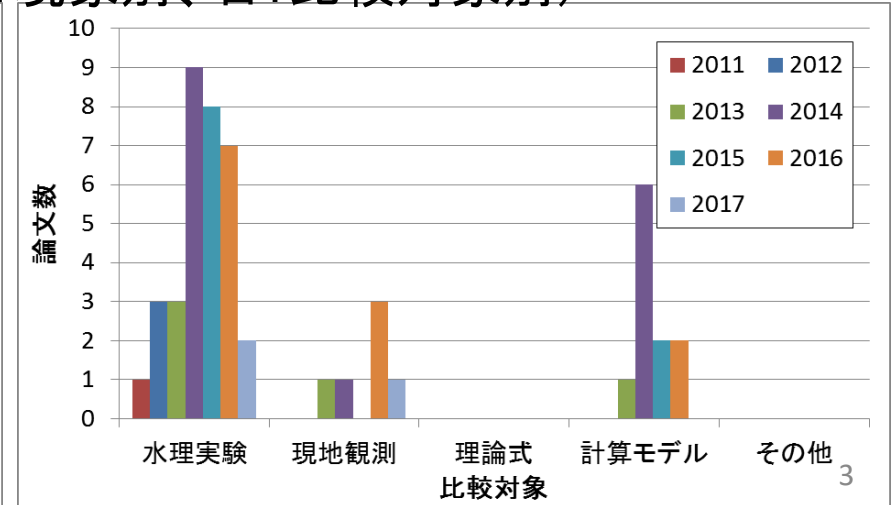
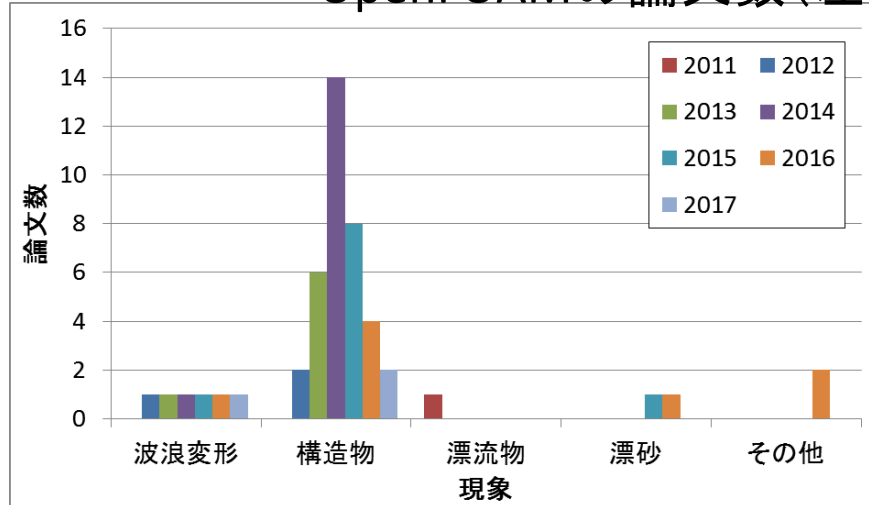
○3次元数値解析モデルの比較検討

- CADMAS-SURF/3D、T-STOCに2次精度風上差分スキームを導入
- OpenFOAMを含めた3つのモデルの解析結果を比較

研究の背景・目的

- 東日本大震災以降、津波の3次元数値解析の研究事例が増加
 - ・主要な研究対象は構造物周辺の流動場、波圧、波力
- 水理実験との比較によりモデルの妥当性を確認することが多い。
 - ・モデル間の比較をメインとした論文は少ない。
- 本研究では、海岸・海洋工学分野で公開されている3次元数値解析モデルを比較検討する。

OpenFOAMの論文数(左:現象別、右:比較対象別)



対象とした3次元数値解析モデル

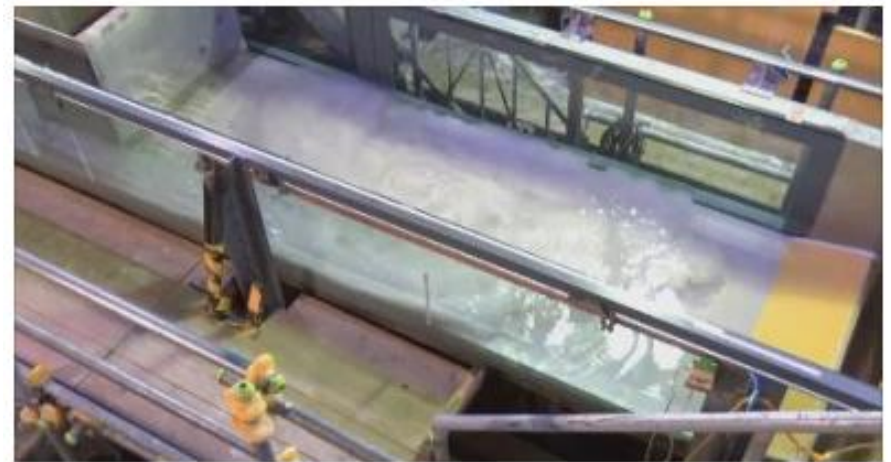
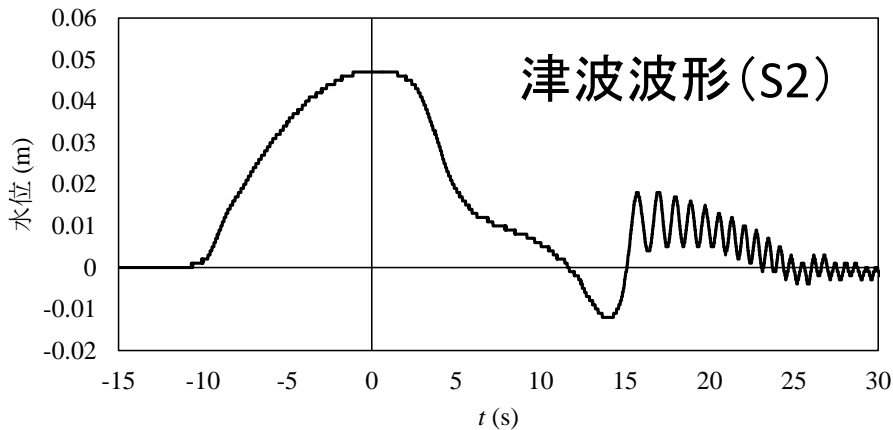
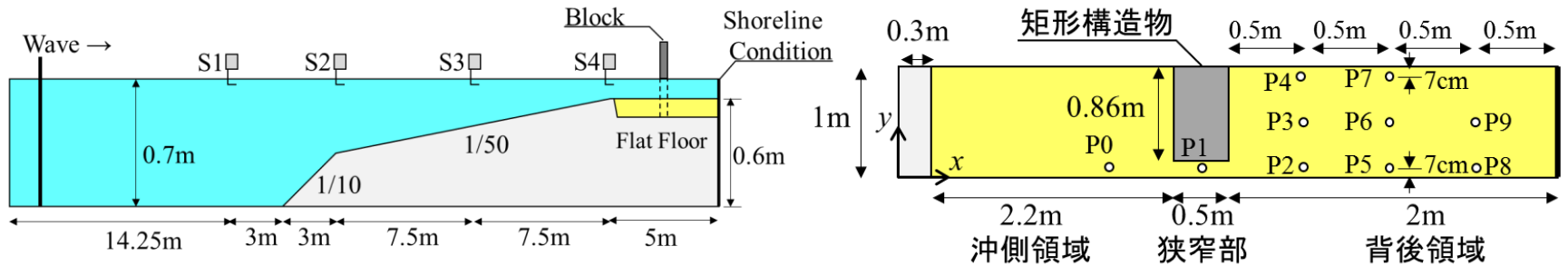
○対象とする3次元数値解析モデル ・モデルの主要な相違点

モデル	OpenFOAM ※interFoamを使用	CADMAS-SURF/3D (以下、CS3D)	T-STOC ※STOC-ICを使用
開発・管理	OpenFOAM Foundation ESI社	一般財団法人 沿岸技術研究センター	国立研究開発法人 港湾空港技術研究所
解析メッシュ	非構造格子	構造格子	
自由表面モデル	VOF法		鉛直積分した 連続式から水面を算出
気相の取扱い	気液二相流	単相流	
移流項の 離散化スキーム	多数のモデルあり	1次精度風上差分 2次精度中心差分 ドナースキーム(上記のハイブリッド)	
乱流モデル	多数のモデルあり	高Re型k-εモデル	高Re型k-εモデル LES(0方程式モデル) LES-SGS(1方程式モデル)

パラメータの検討

○対象とした水理模型実験

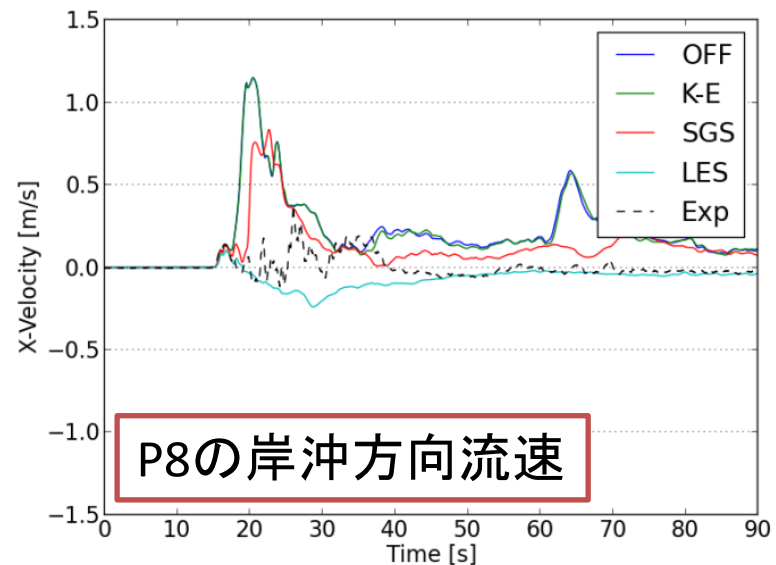
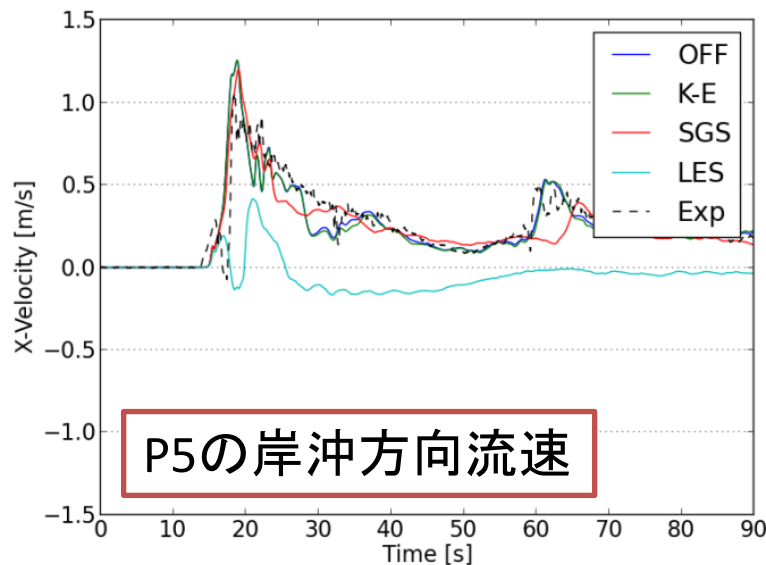
- ・実験水槽に構造物を配置し、狭窄部を有する海域を再現した。
- ・沖側で造波した津波は狭窄部の背後領域で渦を形成する。
- ・背後領域では水位・流速を計測している(P0~P9)。



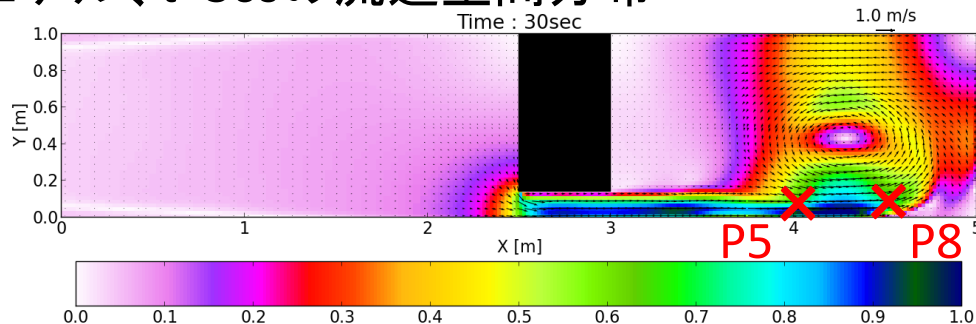
パラメータの検討

OT-STOCによる予備計算(乱流モデルの比較)

- ・乱流モデル: OFF(使用しない)、k- ϵ 、LES、SGS
- ・平面2次元モデルによる検討より、渦の形成の評価にはP5およびP8の岸沖方向流速が有効である。



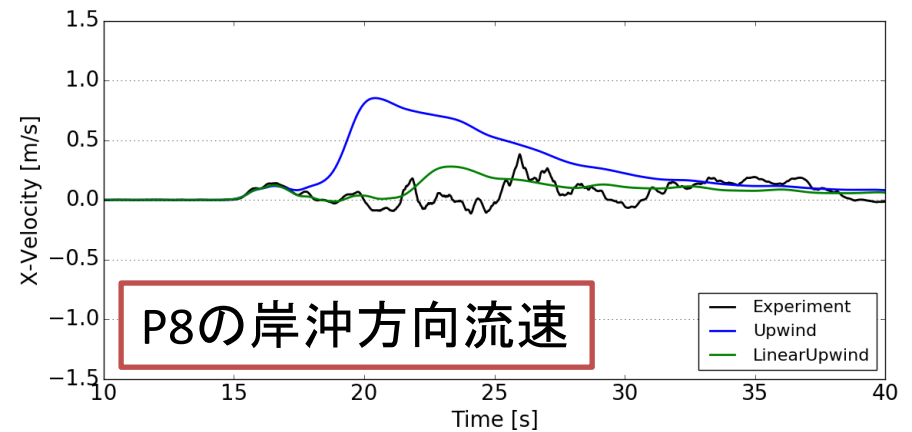
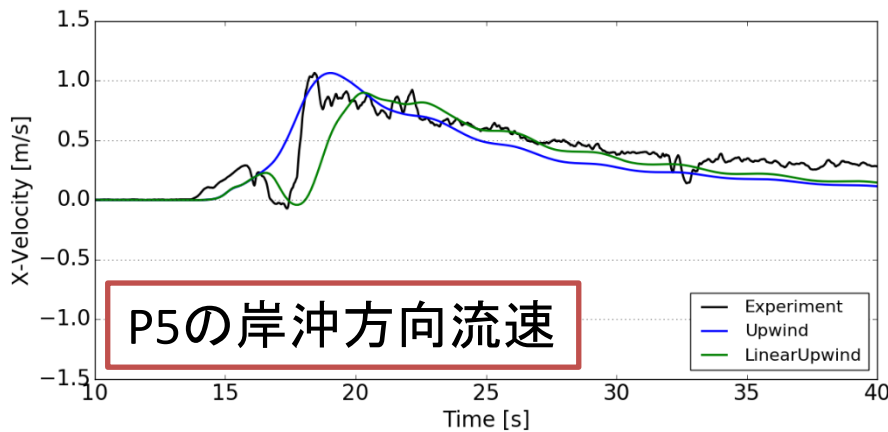
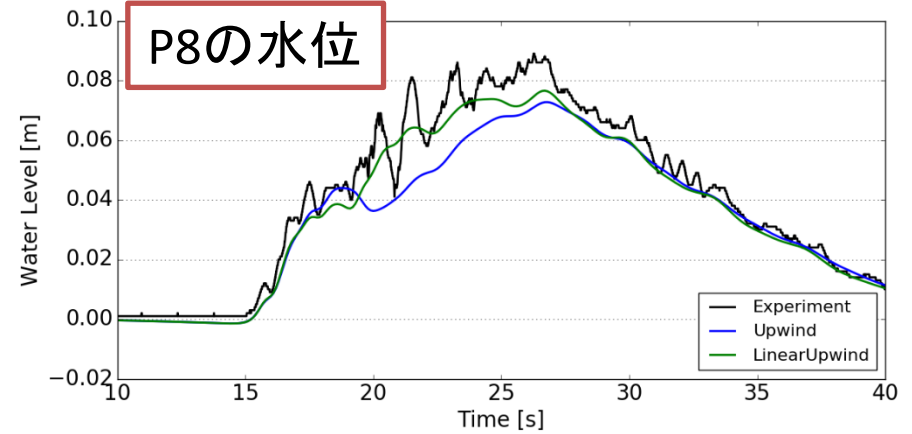
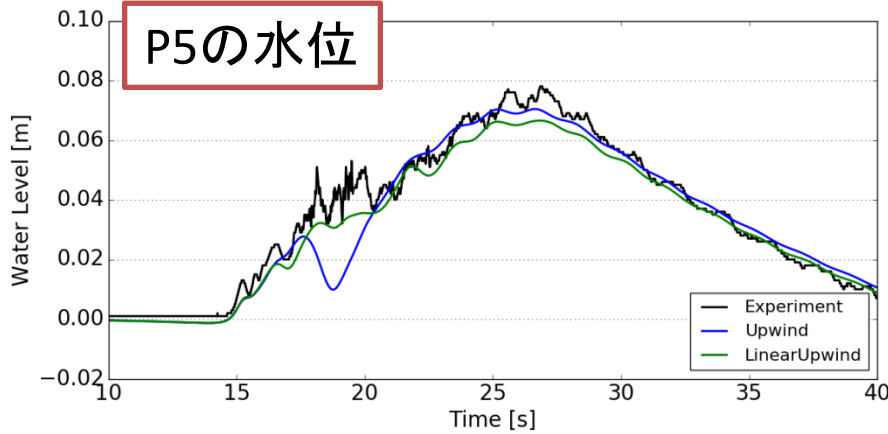
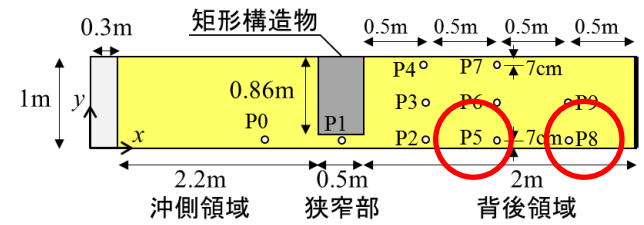
SGSモデル、t=30sの流速空間分布



パラメータの検討

○移流項の差分スキームの検討

- ・差分スキームの選択肢が多いOpenFOAMを用いた。
 - T-STOC、CS3Dと比較した際の大きな特徴の1つ
- ・二次精度風上差分スキームにより再現性の向上を確認した。

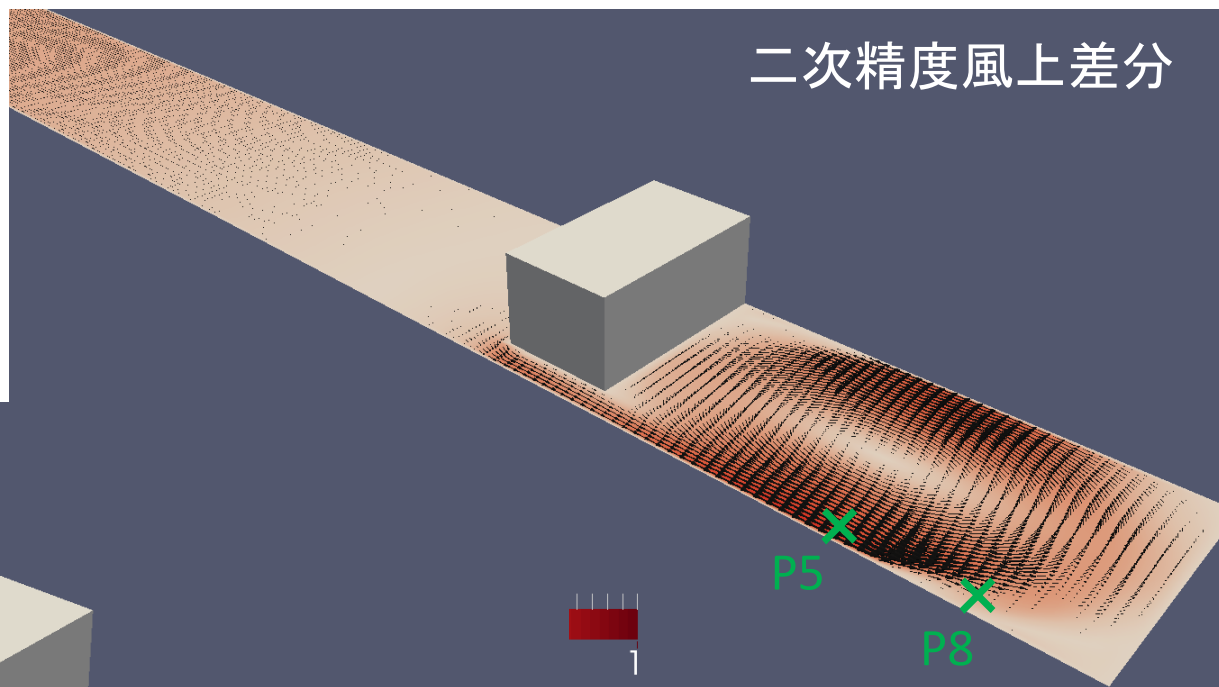


パラメータの検討

○移流項の差分スキームの検討

- ・流速場のスナップショット (t=25s)

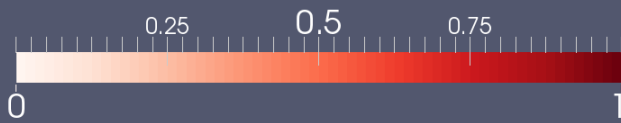
二次精度風上差分



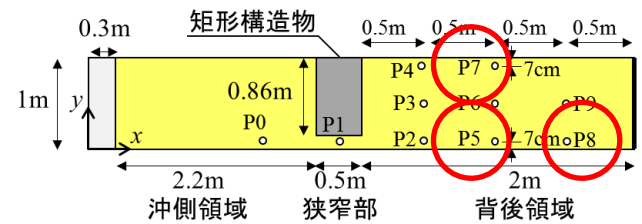
一次精度風上差分

Time: 25.0s

U Magnitude



3次元数値解析モデルの比較検討

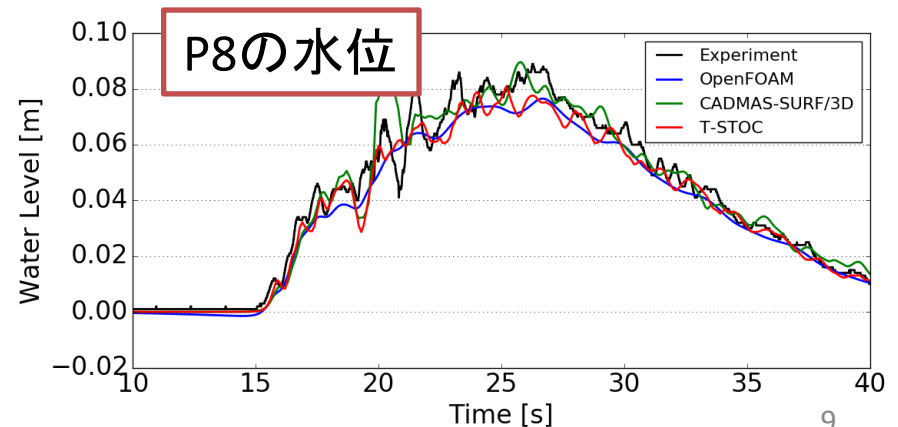
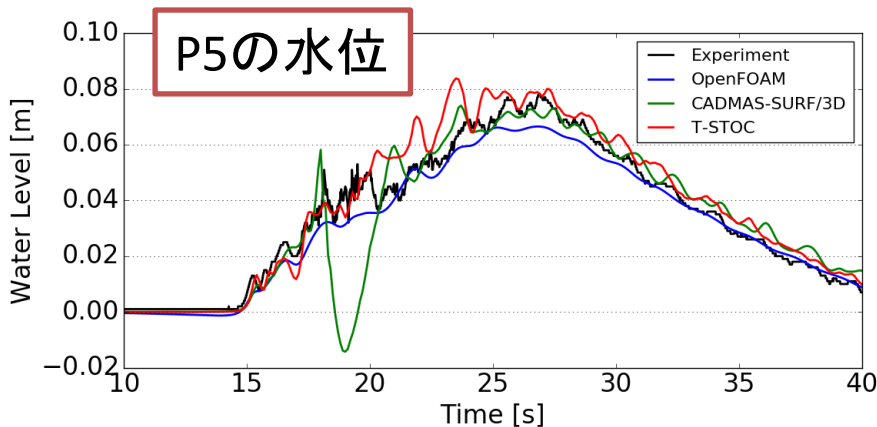
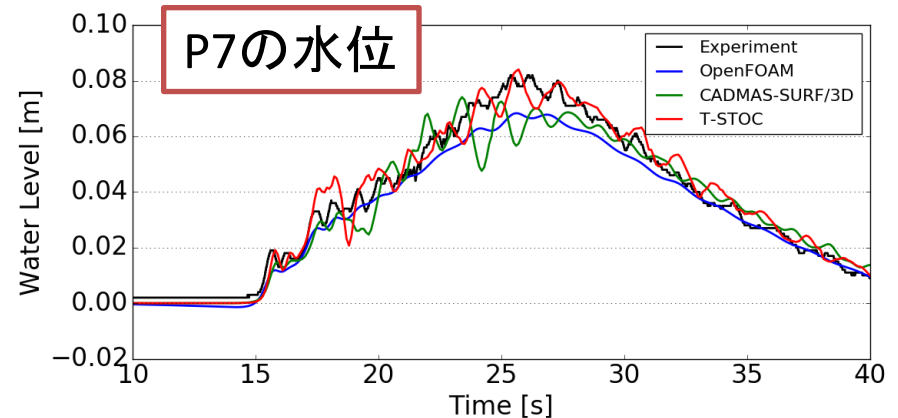


○計算条件

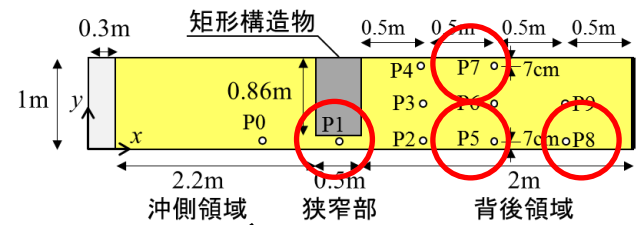
- 解析精度を向上させるため、T-STOCとCS3Dに2次精度の風上差分スキームを導入した。
- 境界条件No-Slip、k- ϵ モデル、2次精度風上差分

○水位時系列の比較

- OpenFOAM: 過小傾向
- CS3D: 短周期の振動
- T-STOC: 短周期の振動

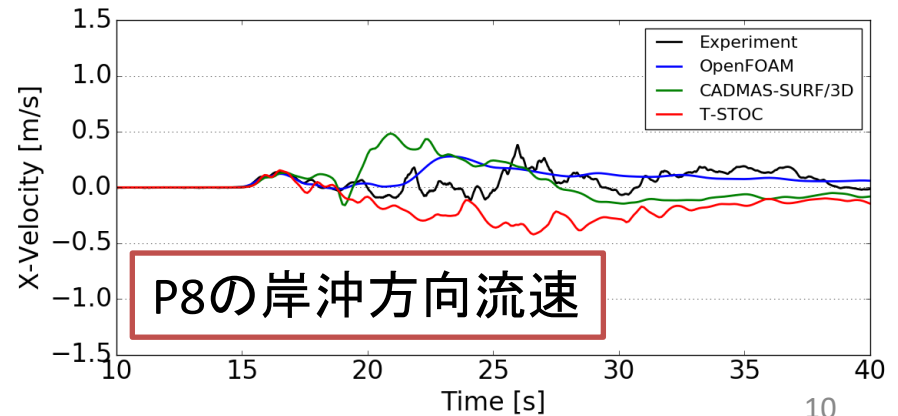
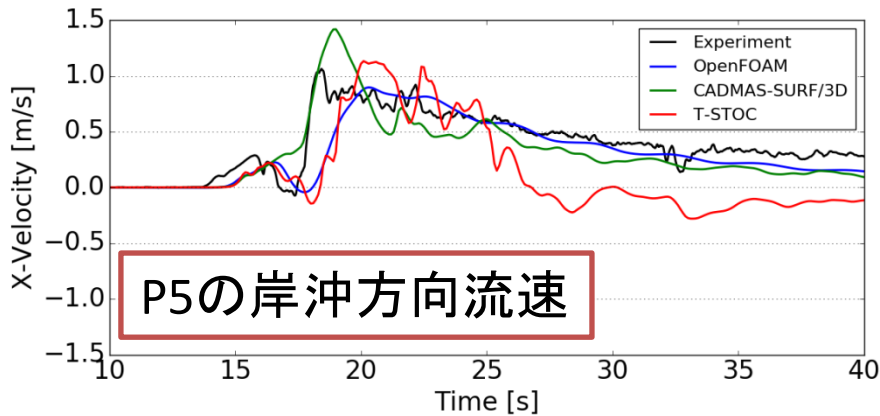
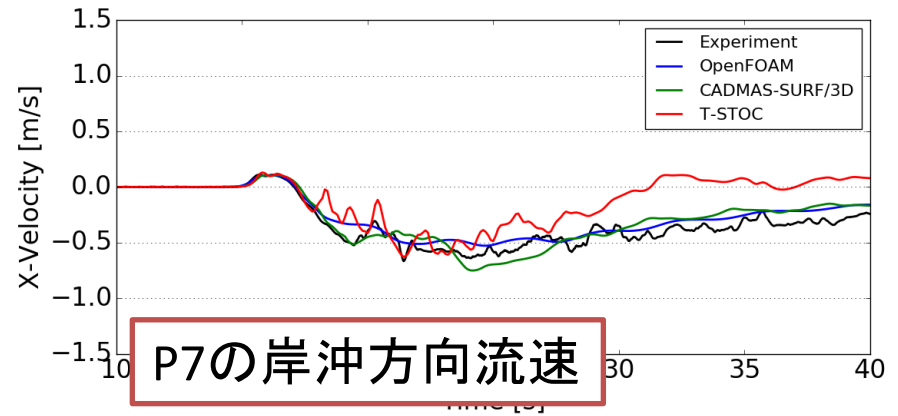
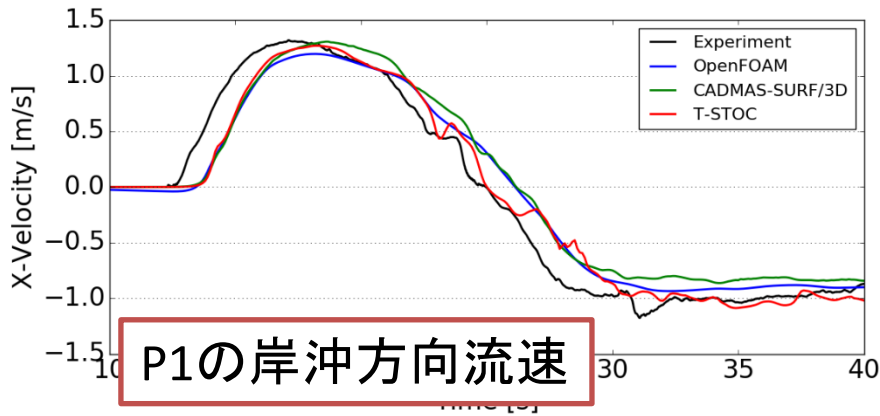


3次元数値解析モデルの比較検討



○流速時系列の比較

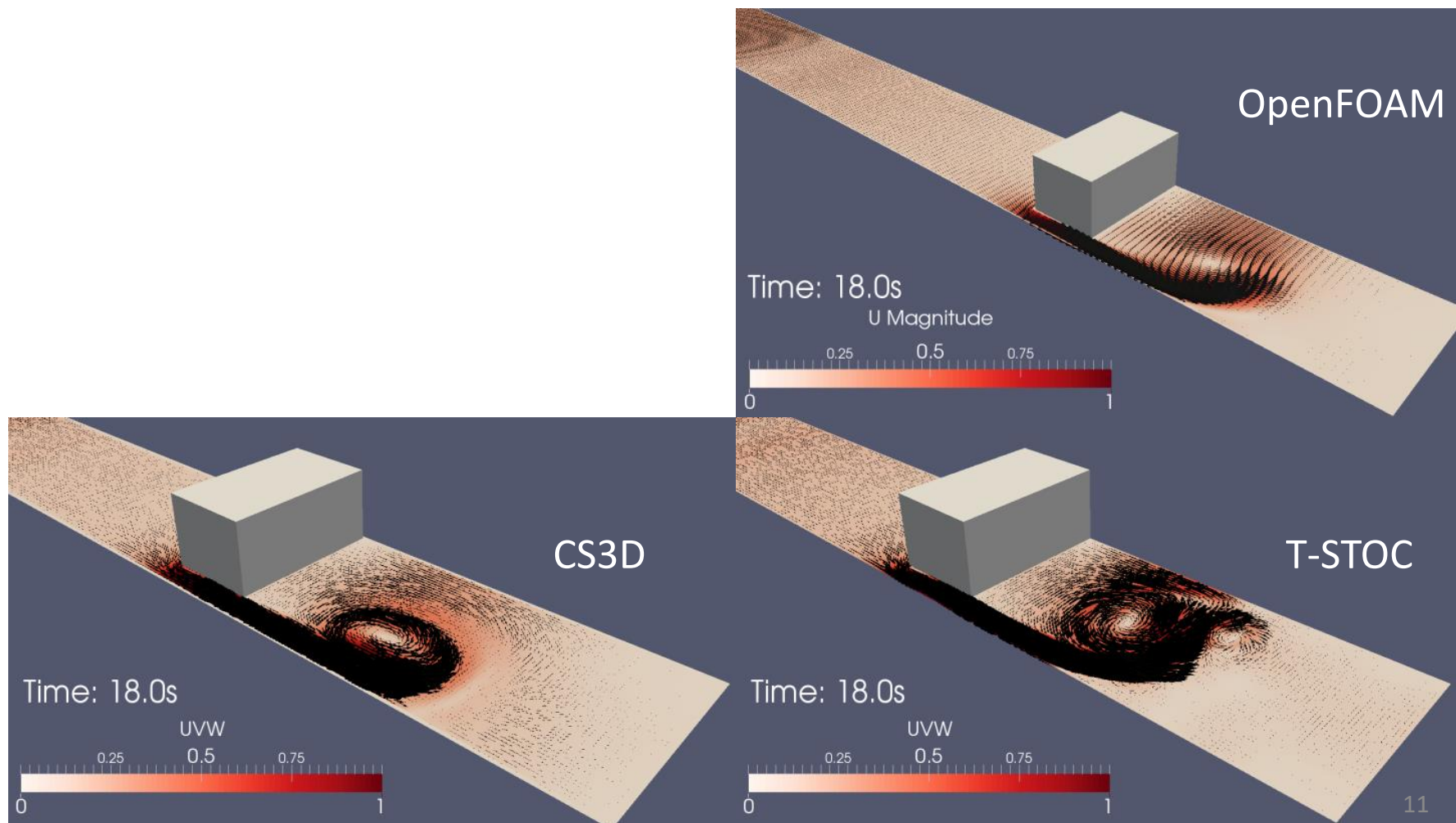
- ・P5とP8でピーク流速に差がある傾向は全てのモデルに共通
- ・P1で流速の立ち上がり時刻に遅れが生じている。



3次元数値解析モデルの比較検討

○流速場のスナップショット (t=18s)

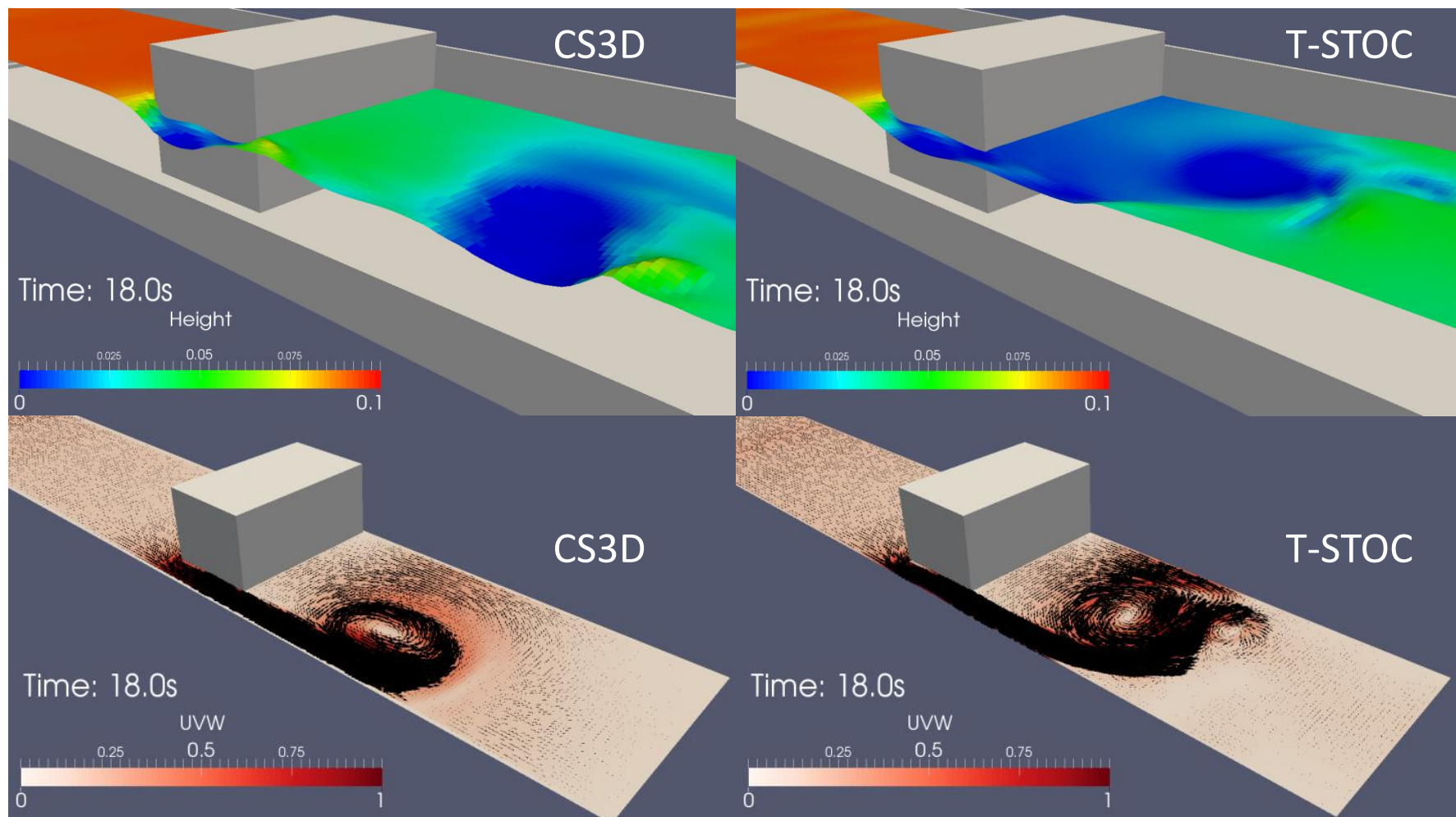
▪流速場は底面から0.05m位置



3次元数値解析モデルの比較検討

○流速場・水位のスナップショット (t=18s)

・流速場は底面から0.05m位置



まとめ

- OpenFOAM、CADMAS-SURF/3D、T-STOCの3モデルについて、水理模型実験を対象に比較した。
- 流動場の再現性向上のため、OpenFOAMを用いて移流項の差分スキームを検討した。
 - 再現性がよかった二次精度風上差分をCADMAS-SURF/3D、T-STOCに導入した。
- 背後領域の大規模渦の形成について、3モデルともおおむね再現できることを確認した。