



2023年10月29日（土）
ムーンショット目標8 国内シンポジウム

台風下の海表面での運動量・熱流束 （フラックス）の予測と制御

兵庫県立大学大学院 工学研究科
機械工学専攻 高垣直尚

ムーンショット目標8プログラム
「2050年までに、激甚化しつつある台風や豪雨を制御し
極端風水害の脅威から解放された安全安心な社会を実現」

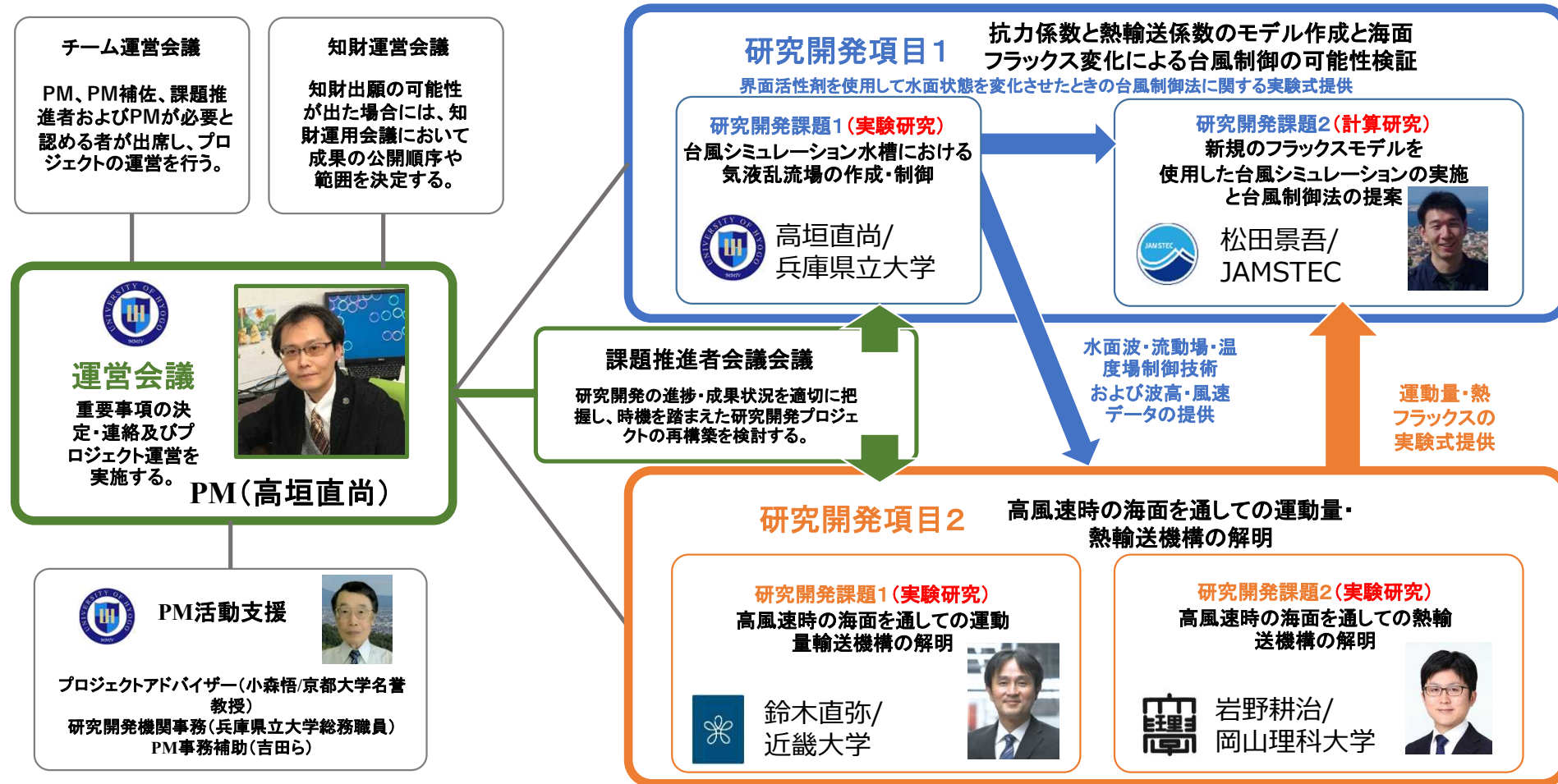
要素	台風予測	台風制御
ボトルネック	自然現象と制御効果の峻別	どうやって制御するか
MS目標への貢献	気象学的アプローチ	工学的アプローチ



共通の解決方策

高垣要素プロジェクト『台風下の海表面での
運動量・熱流束（フラックス）の予測と制御』

研究プロジェクト体制

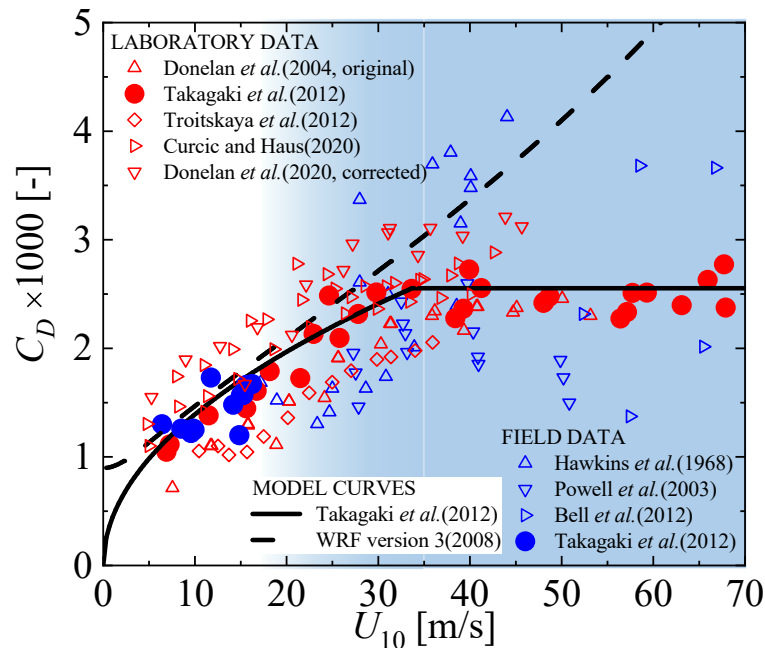


- 台風強度予測精度が向上しない
- フラックスの定式化と海面温度
- 台風中での観測は重要だが難しい
- 台風シミュレーション水槽
- 高風速において激しい砕波が発生



運動量輸送量（抗力係数）

通常風速域 $U_{10} \sim 35\text{m/s}$ 高風速域



運動量輸送量 C_D の風速依存性

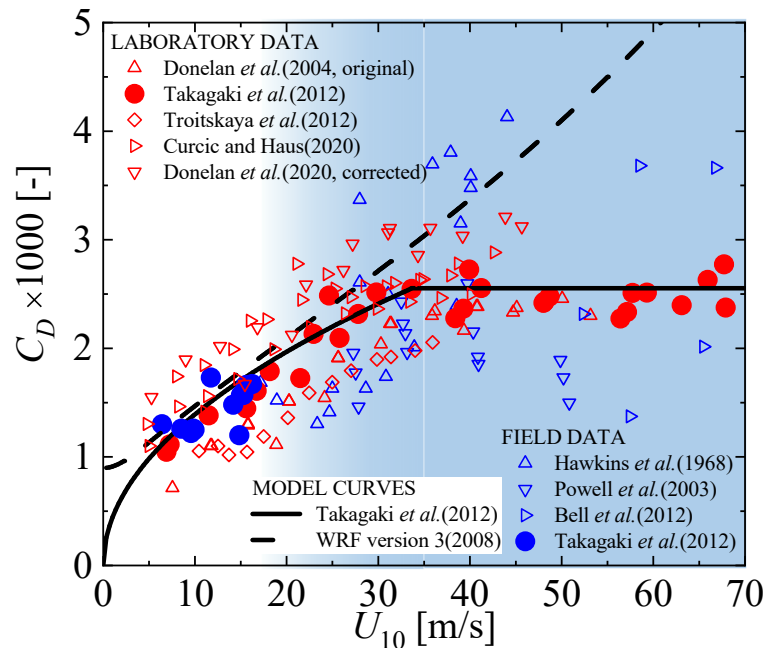
- 砕波を伴う高風速域では抗力係数が一定値 (GRL, 2012)
- 輸送係数のレジームシフト
- 『フラックスの定式化』により台風強度を正確に予測 (JPO, 2018)



熱フラックスは？

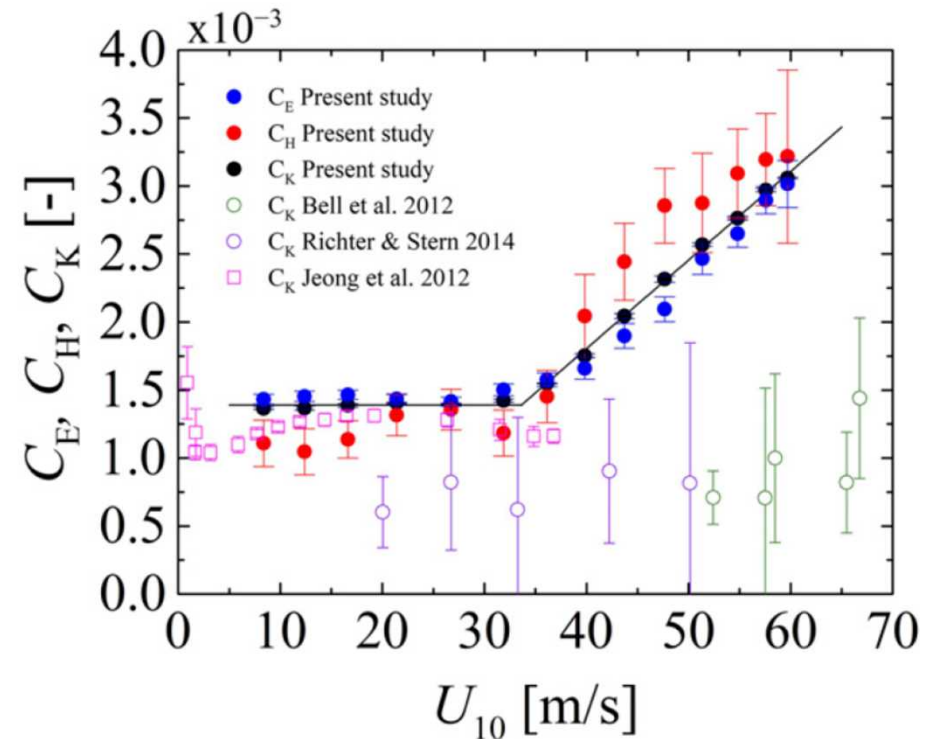
運動量輸送量 (抗力係数)

通常風速域 $U_{10} \sim 35\text{m/s}$ 高風速域



運動量輸送量 C_D の風速依存性

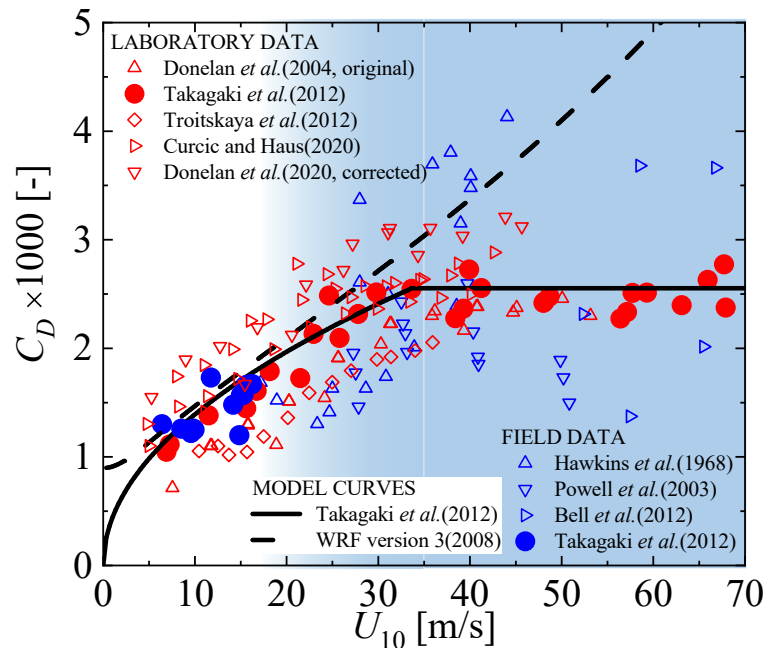
通常風速域 $U_{10} \sim 35\text{m/s}$ 高風速域



熱輸送量 C_K の風速依存性

輸送係数のレジームシフト

通常風速域 $U_{10} \sim 35\text{m/s}$ 高風速域



運動量輸送量 C_D の風速依存性

輸送係数の
レジームシフト



プロジェクト目標

1. 台風強度を正確に予測
2. 波を制御・台風を制御

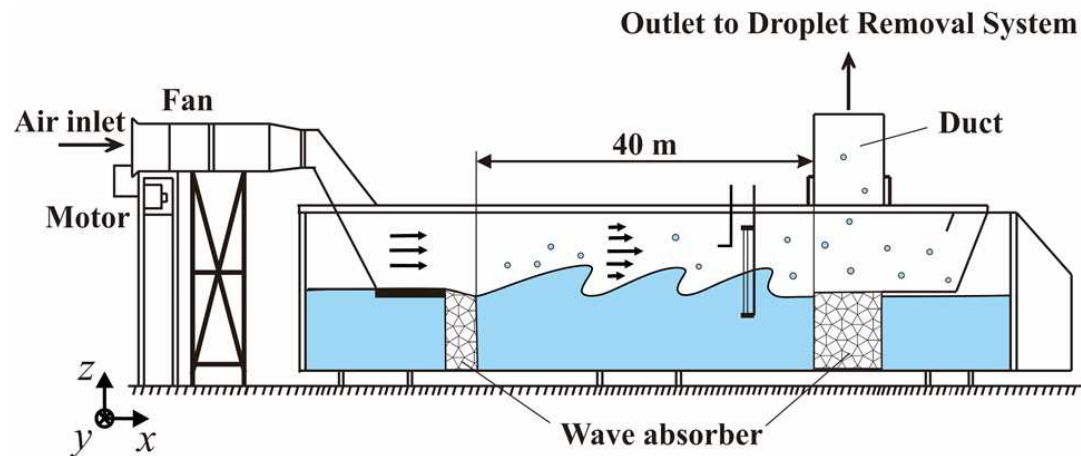
台風シミュレーション水槽



兵庫県立大学
UNIVERSITY OF HYOGO



MOONSHOT
RESEARCH & DEVELOPMENT PROGRAM



テストセクション

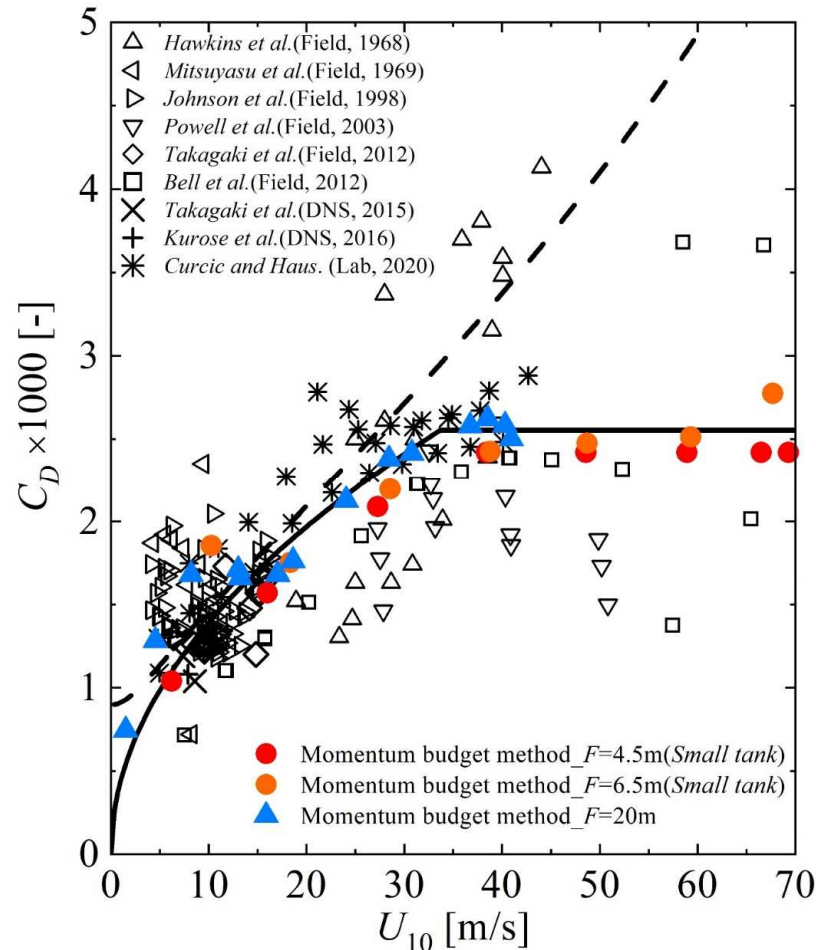
- ・長さ：40 m
- ・幅：1.5 m
- ・高さ：2.0 m
- ・水量：125トン



フェッチ： F

風が水面に接触する位置から
測定が行われるまでの距離

研究成果：運動量輸送量（抗力係数）

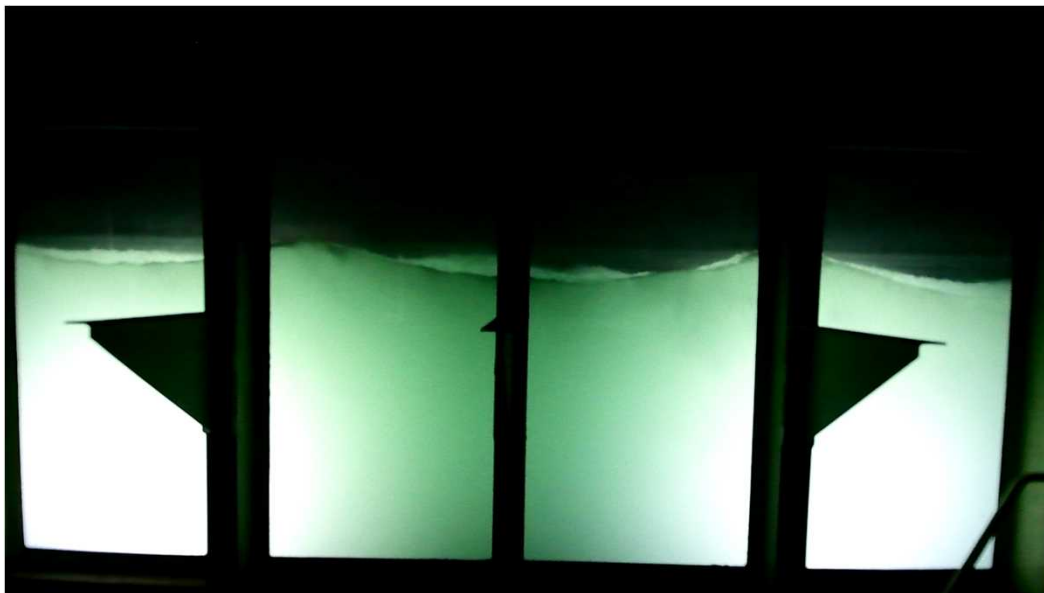


- 過去の小型水槽（フェッチ6.5m）での抗力係数の測定値と、今回の大型の台風シミュレーション水槽（フェッチ20m）での抗力係数の値は風速40m/sまでの範囲でよく一致する。
- 水槽の形状や大きさによらずスケラビリティの問題を克服した高精度の輸送モデルになりえる。

シミュレーション水槽内での風波の可視化

- ・ 界面活性剤ありの場合（左図）
- ・ 真水の場合（右図）

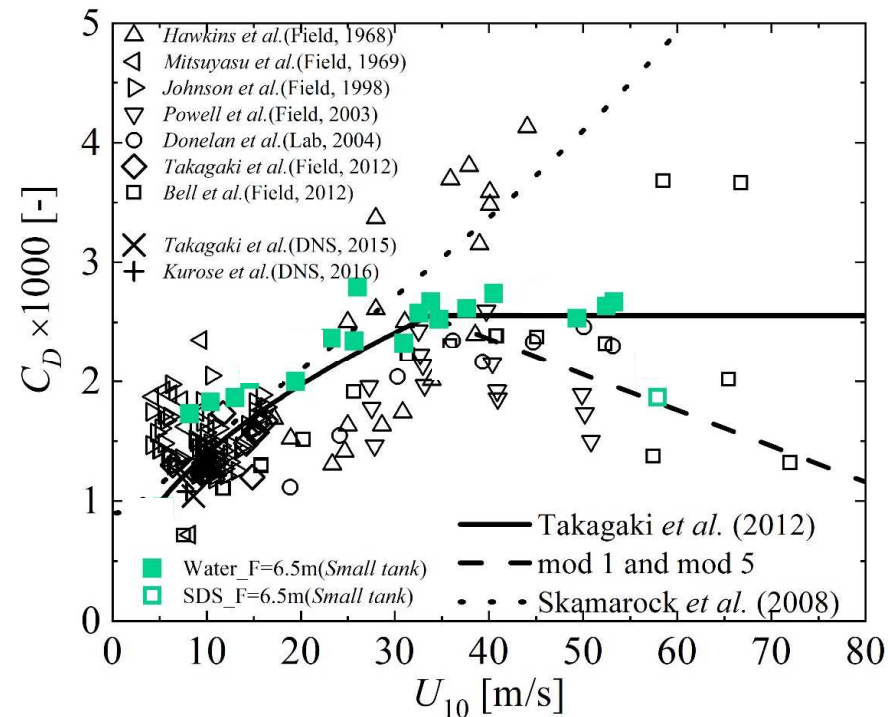
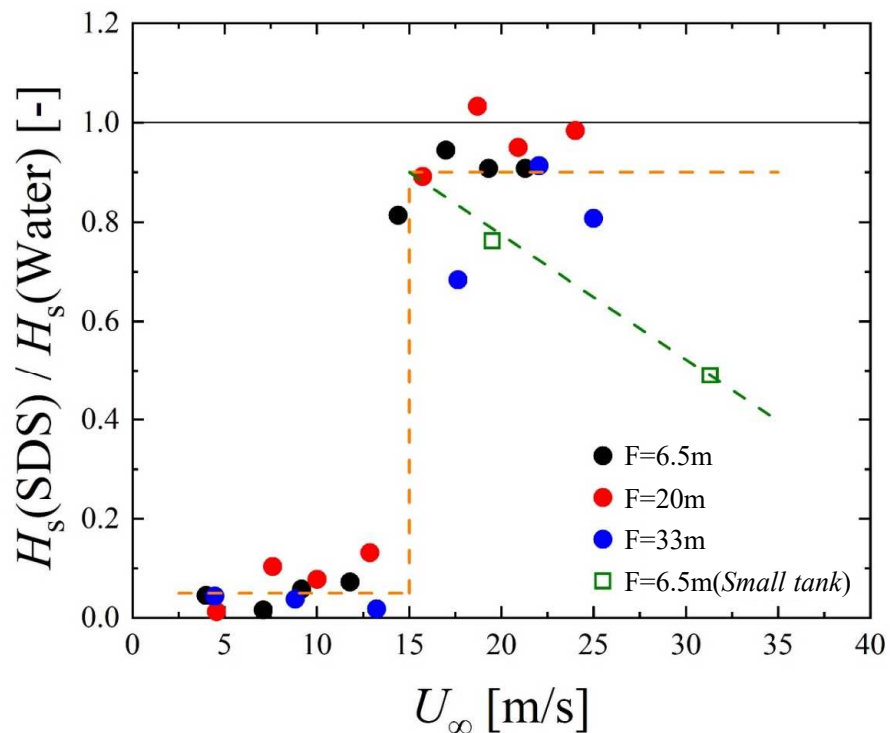
* 界面活性剤を用いた実験は概念実証であり
現時点で実海洋への適用を考えていない



界面活性剤あり（300ppm、ドデシル硫酸ナトリウム）



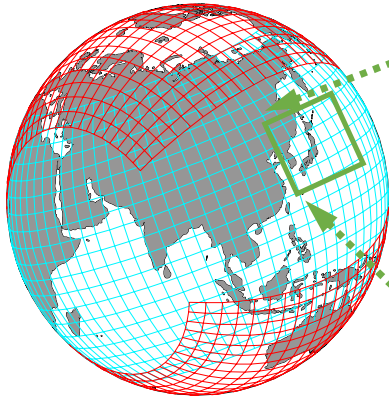
真水（界面活性剤なし）



- 界面活性剤により海面の状態を変化させることが可能
- その結果、波高や抗力係数も変化することが分かった
- 新たなフラックス制御法の可能性が示唆された

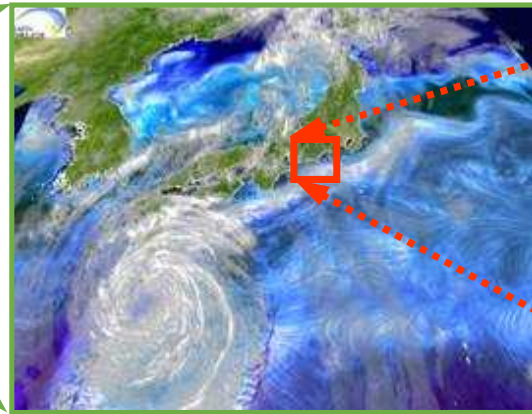
MSSG (Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment)

- 全球，メソ，都市スケールまでのマルチスケールを対象とすることができる大気海洋結合モデル。
- 大気コンポーネント (MSSG-A)，海洋コンポーネント (MSSG-O) それぞれ単体での利用も可能。



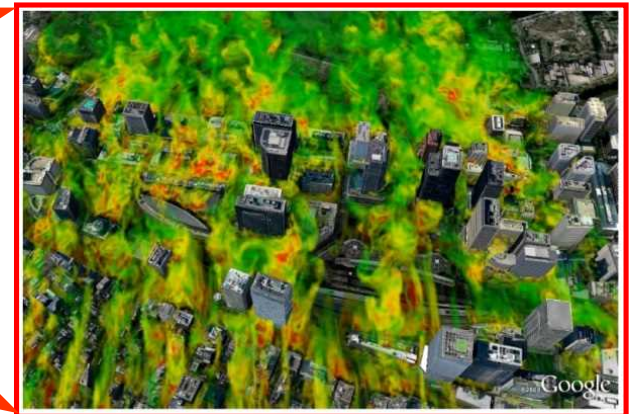
Global scale

解像度 $O(10 \text{ km})$



Mesoscale

解像度 $O(100 \text{ m}) - O(1 \text{ km})$



Urban scale

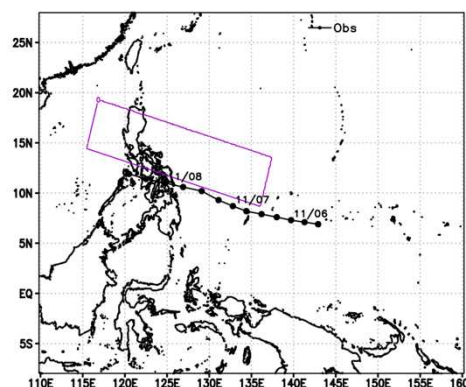
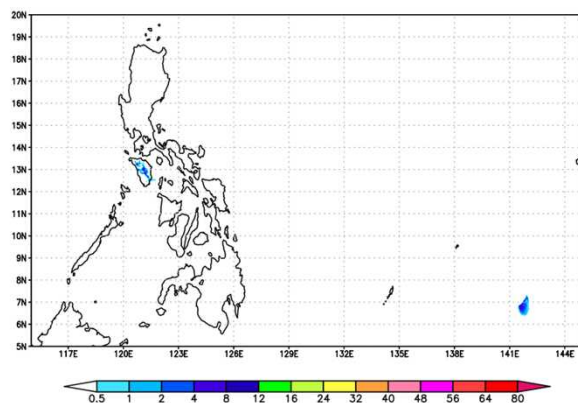
解像度 $O(1 \text{ m})$

大気コンポーネント (MSSG-A) を用いて全球およびメソスケールのシミュレーションを実施

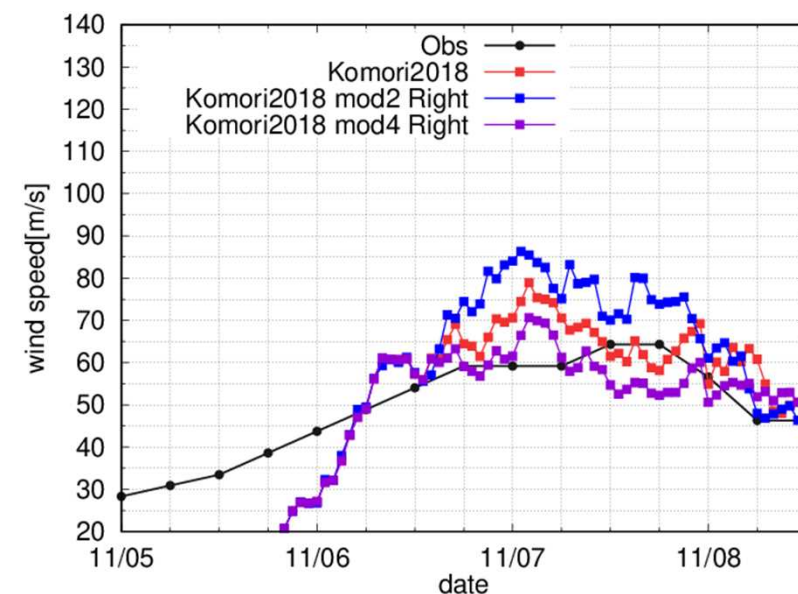
数値計算による台風制御可能性検証

• 台風T1330 (Haiyan)

- 2013年11月4日に発生、フィリピンに上陸して甚大な被害。
- 最低気圧 895 hPa, 最大風速 64 m/s



- 紫枠で囲われた領域内のみ、異なる碎波状態を考慮。紫枠の領域外はKomori2018。



- 碎波促進ケースでは、最低気圧が低下、最大風速が増加
- 碎波なしケースでは、最低気圧が増加、最大風速が低下

高風速域での海表面フラックスのモデル曲線が異なるだけでも、台風シミュレーション結果に顕著な影響が現れうる。

1. 台風シミュレーション水槽実験により、高精度の運動量輸送モデルを提案した。
これは、**台風強度予測精度の向上に寄与**する。
2. 室内シミュレーション実験を通して、界面活性剤による水面波抑制現象を観察した。**台風下の海面フラックスの制御可能性**が示唆された。
3. MSSGモデルを用いた数値計算により、台風下の海面フラックスを変化させることにより、**台風強度を制御することができる可能性**を示した。

- 台風シミュレーション水槽を用いた高精度の熱輸送モデルの提案
- これまでの成果の再現性検証

ご清聴ありがとうございました