

台風下の海表面での 運動量・熱流(フラックス)の 予測と制御

兵庫県立大学大学 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

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』

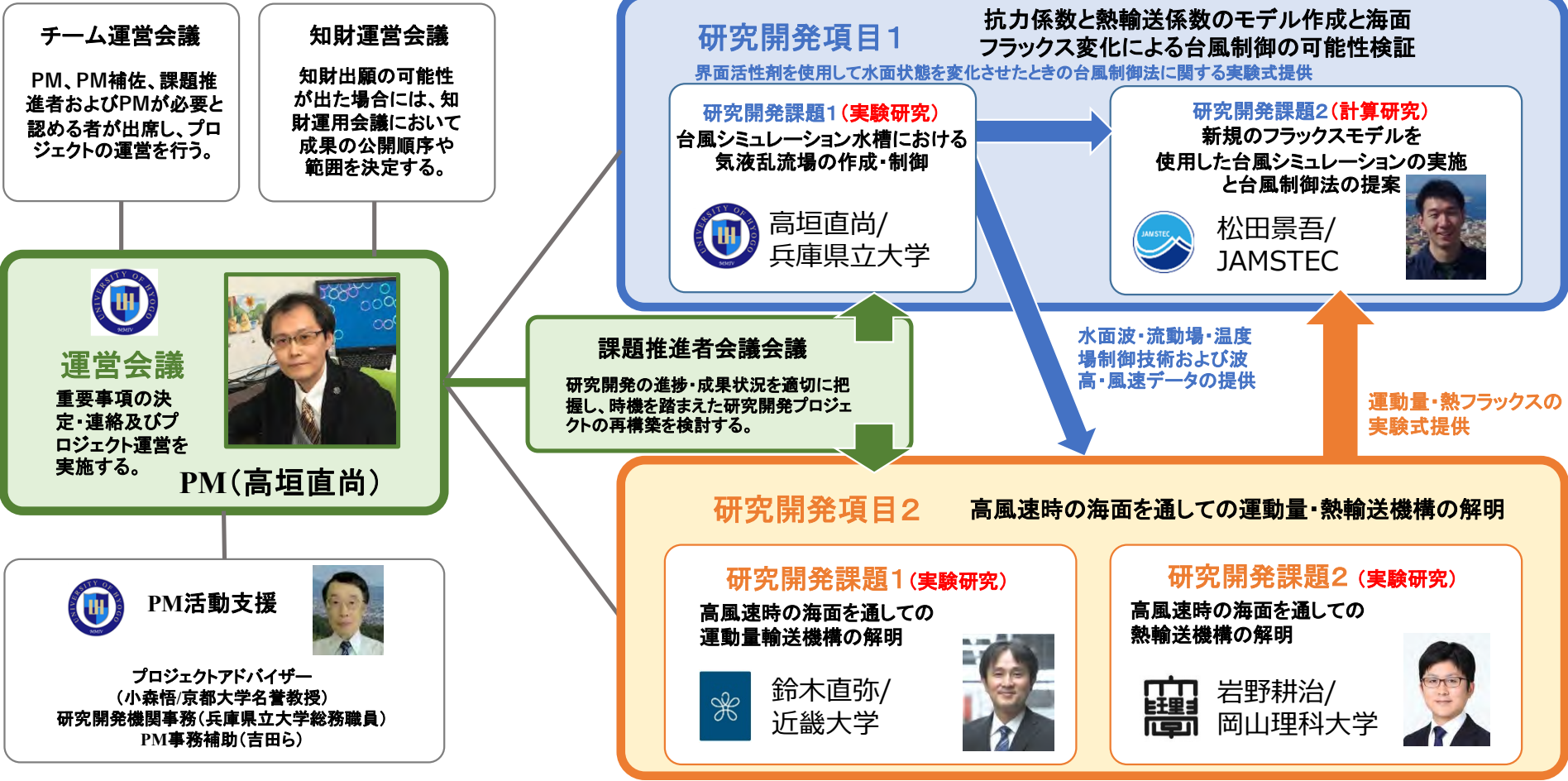
研究プロジェクト体制



兵庫県立大学
UNIVERSITY OF HYOGO



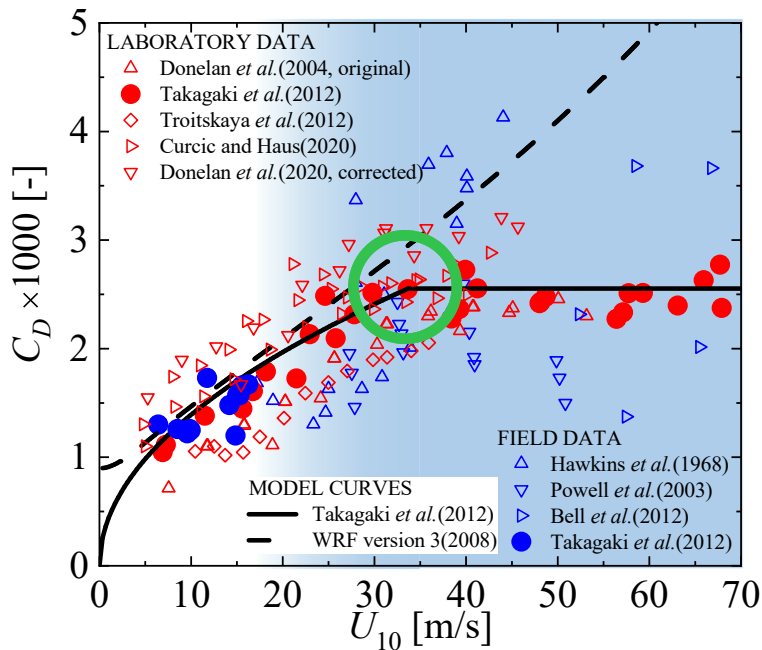
MOONSHOT
RESEARCH & DEVELOPMENT PROGRAM



- ・台風の発達と衰退のメカニズム
- ・海面フラックス式
- ・高風速において激しい碎波が発生
- ・台風の強度予測は向上していない
- ・台風シミュレーション水槽

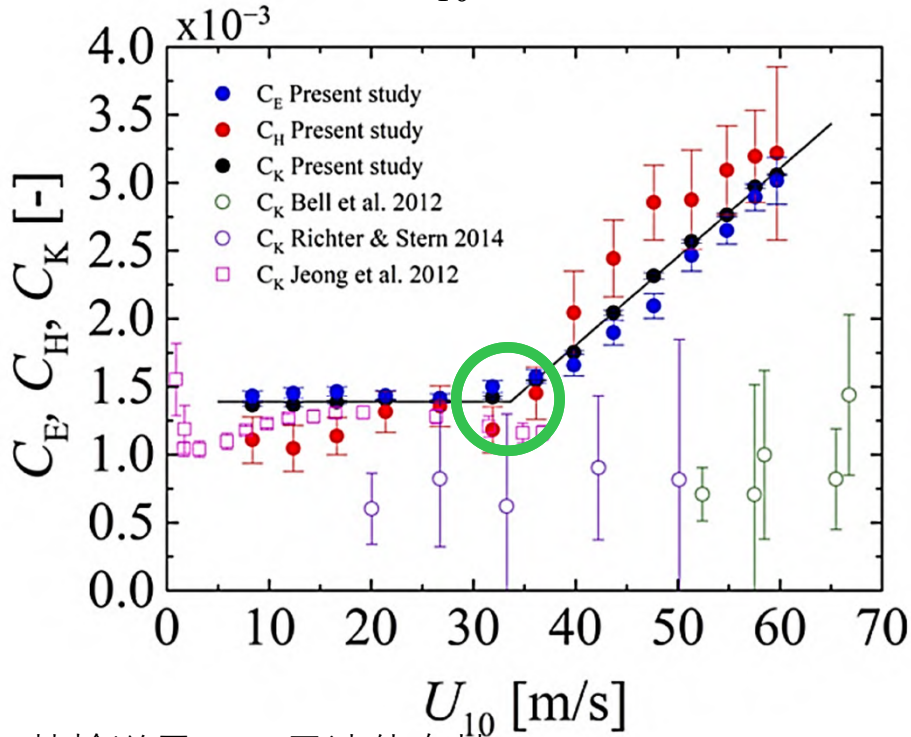


通常風速域 $U_{10} \sim 35\text{m/s}$ 高風速域



運動量輸送量 C_D の風速依存性
(Takagaki et al., GRL, 2012)

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 (Komori et al., JPO, 2018)

輸送係数のレジームシフト

プロジェクト目標

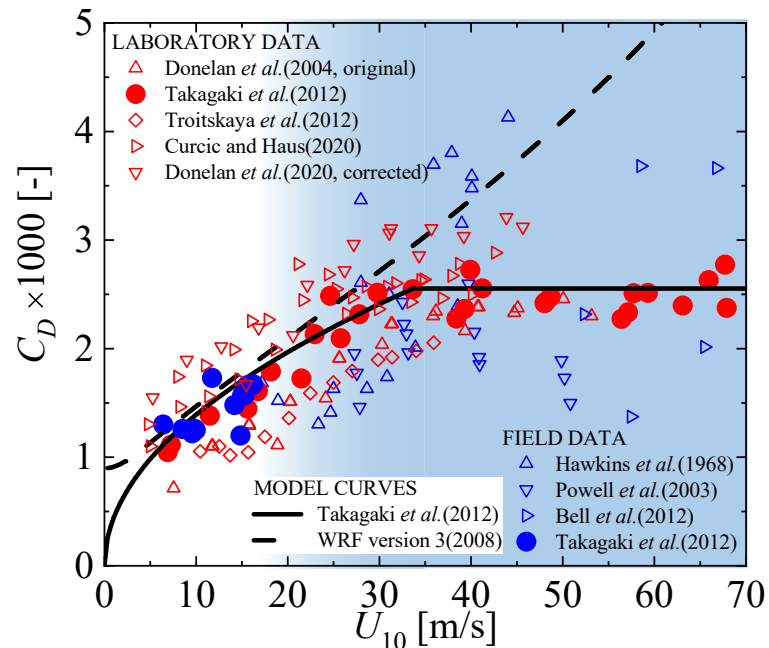


兵庫県立大学
UNIVERSITY OF HYOGO



MOONSHOT
RESEARCH & DEVELOPMENT PROGRAM

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

(Takagaki *et al.*, GRL, 2012)

輸送係数の レジームシフト

(Takagaki *et al.*, GRL, 2012)
(Komori *et al.*, JPO, 2018)

プロジェクト目標

- 1 台風強度を正確に予測するための
フラックスの定式化する
- 2 台風を制御するために波を制御する
(実現可能性調査)

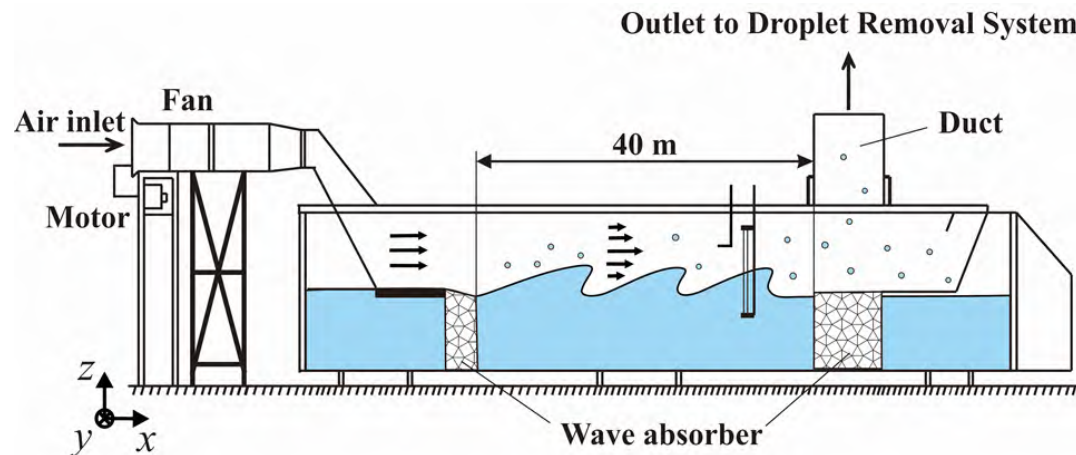
台風シミュレーション水槽



兵庫県立大学
UNIVERSITY OF HYOGO



MOONSHOT
RESEARCH & DEVELOPMENT PROGRAM



テストセクション

長さ : 40m

幅 : 1.5m

高さ : 2.0m

水量 : 125トン



フェッチ： F

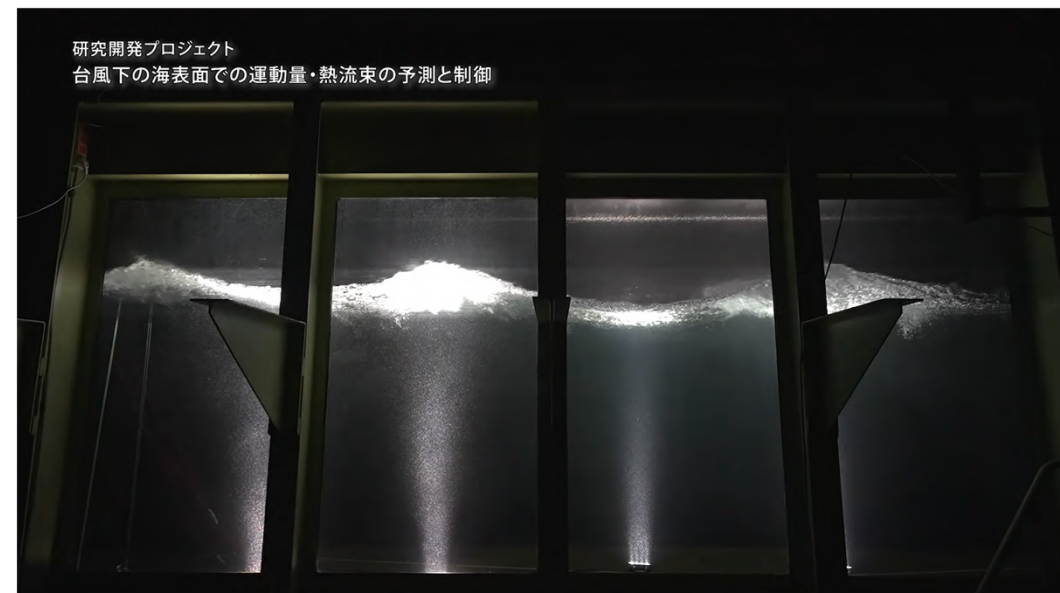
風が水面に接触する位置から測定が行われるまでの距離

シミュレーション水槽内での風波の可視化

- ・ 300ppmのSDS（ドデシル硫酸ナトリウム）水溶液の場合（左図）
- ・ 真水の場合（右図）



界面活性剤あり

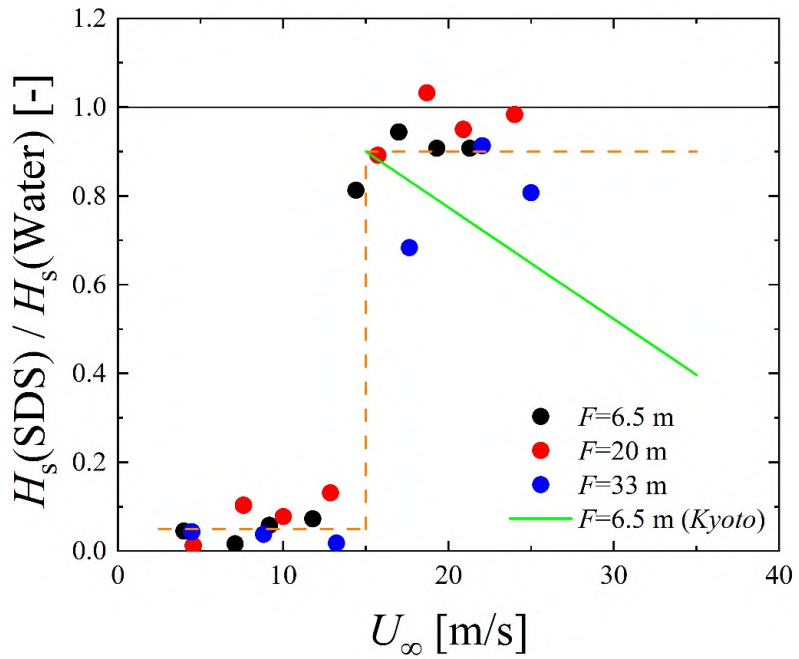
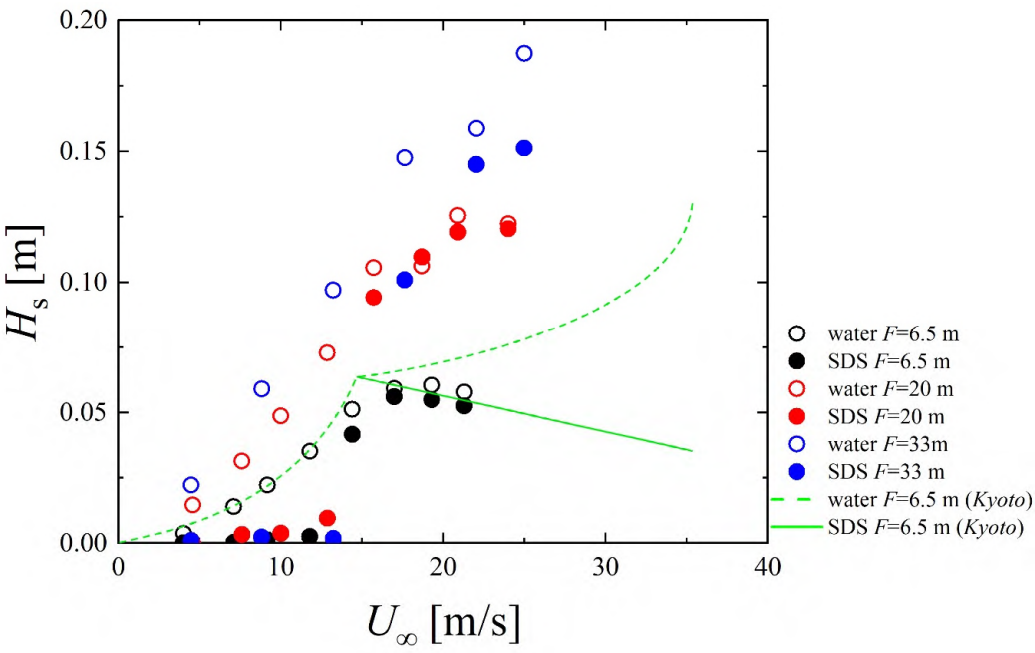


界面活性剤なし

界面活性剤が及ぼす波高への影響



(Takagaki et al., MS8 workshop, 2024)



界面活性剤は低風速と高風速の両方において表面波を抑制



- 低風速におけるマランゴニ効果
- 新たな物理現象がマイクロバブルによって発生

界面活性剤を介した海面フラックスモデル

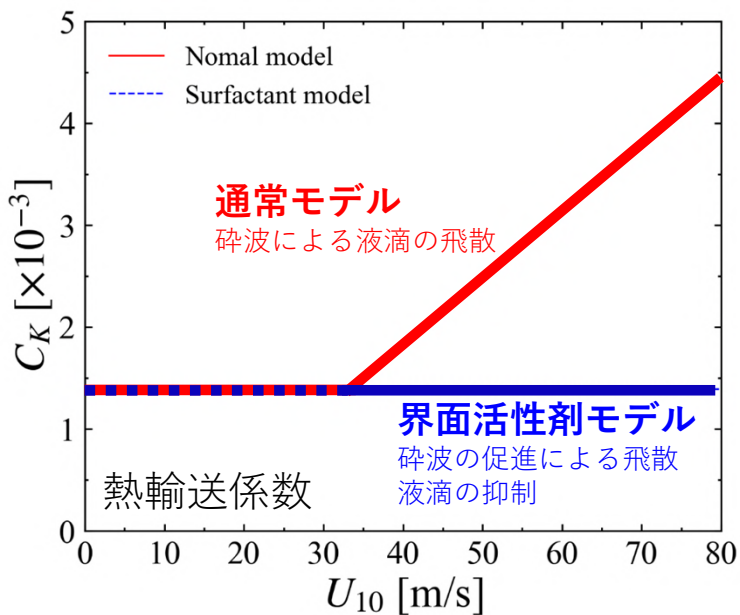
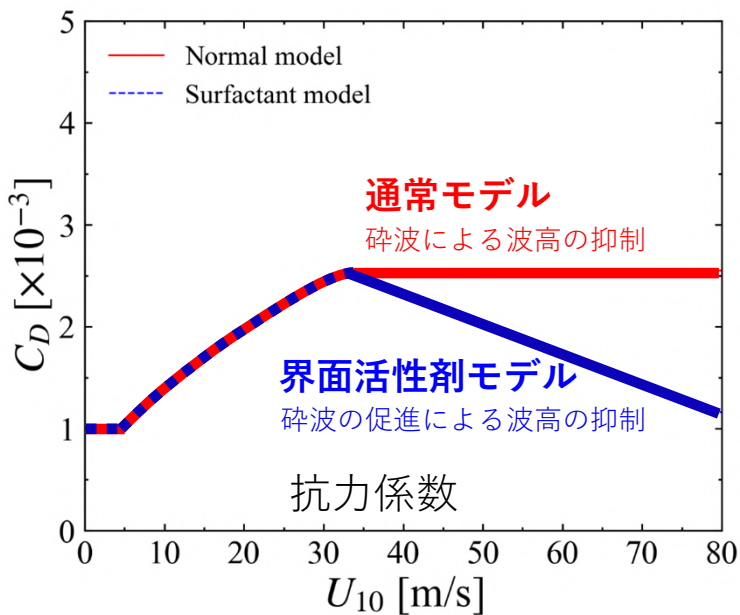


兵庫県立大学
UNIVERSITY OF HYOGO



MOONSHOT
RESEARCH & DEVELOPMENT PROGRAM

(Matsuda et al., MS8 workshop, 2024)



通常モデル

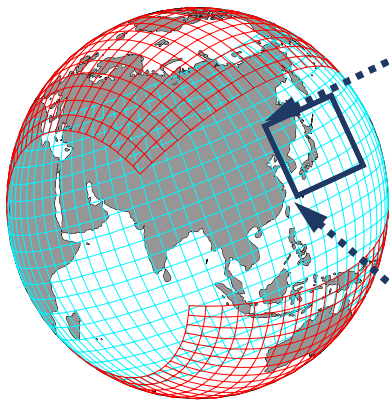
台風シミュレーション水槽実験より得られた海面フラックスモデル
(C_D , C_K は赤色の実線)

界面活性剤モデル

高風速域において、波高及び飛散液滴が抑制される
(C_D , C_K は青色の波線)

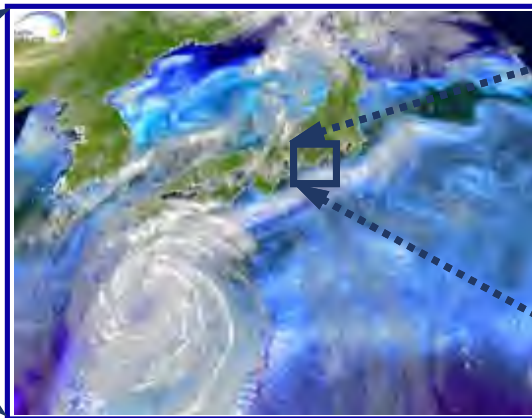
MSSG (Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment)

- 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の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。



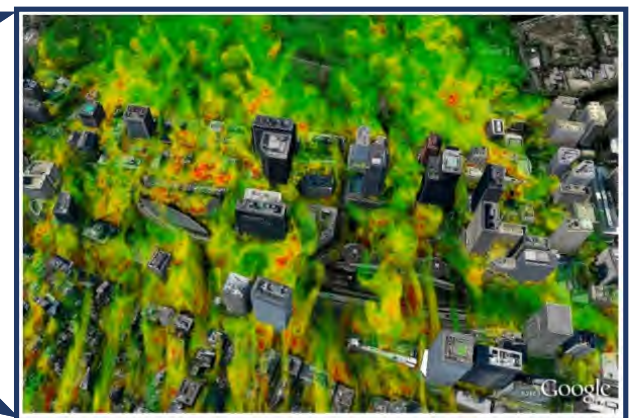
Global scale

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

台風の数値シミュレーション



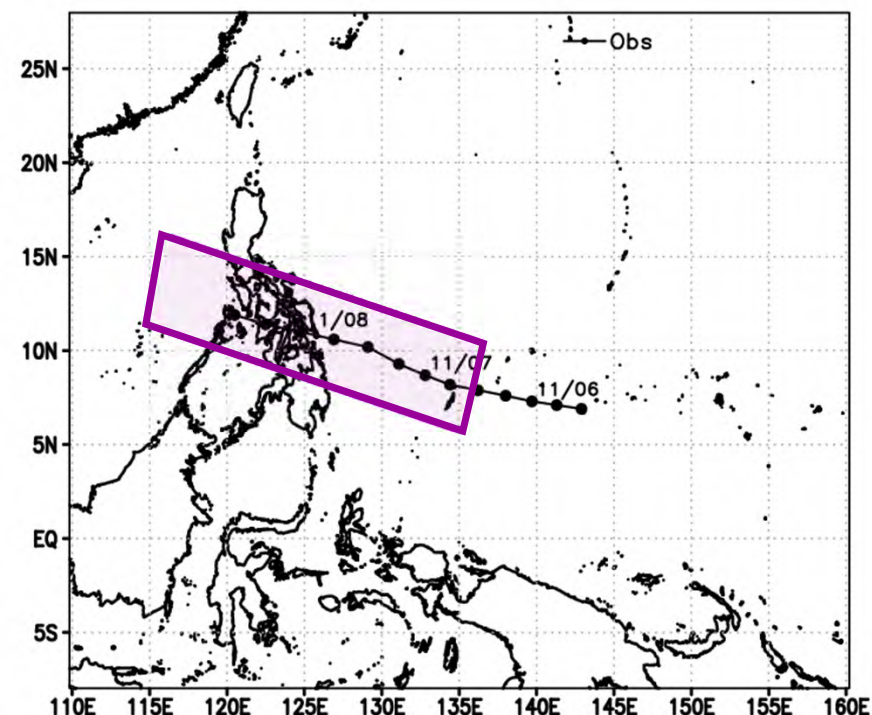
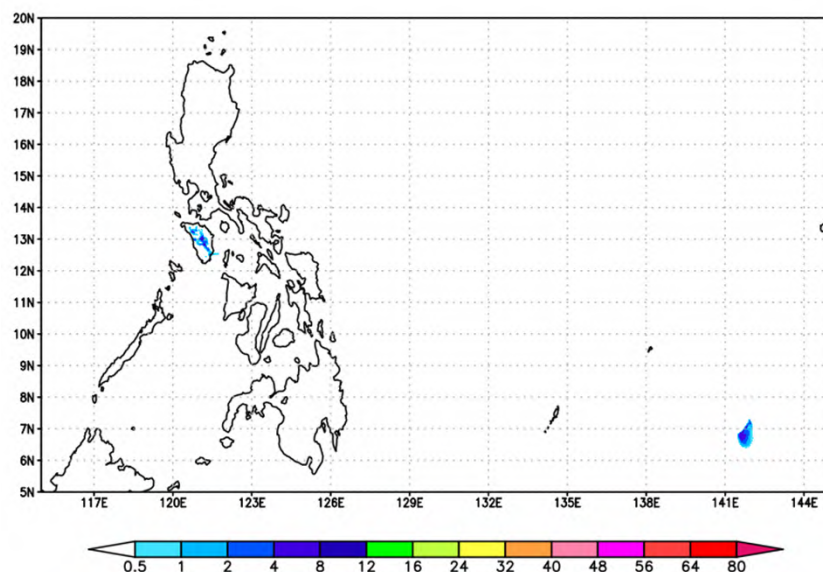
兵庫県立大学
UNIVERSITY OF HYOGO



MOONSHOT
RESEARCH & DEVELOPMENT PROGRAM

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



紫の枠で囲われた領域のみ、異なる碎波条件を考慮した。紫の枠外の領域は通常モデルと同じ条件とした。

台風の数値シミュレーション

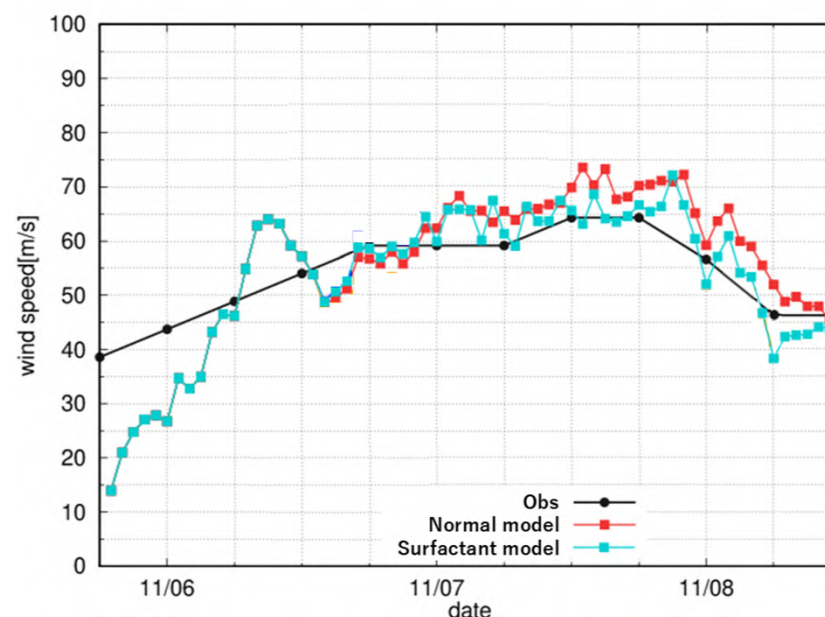
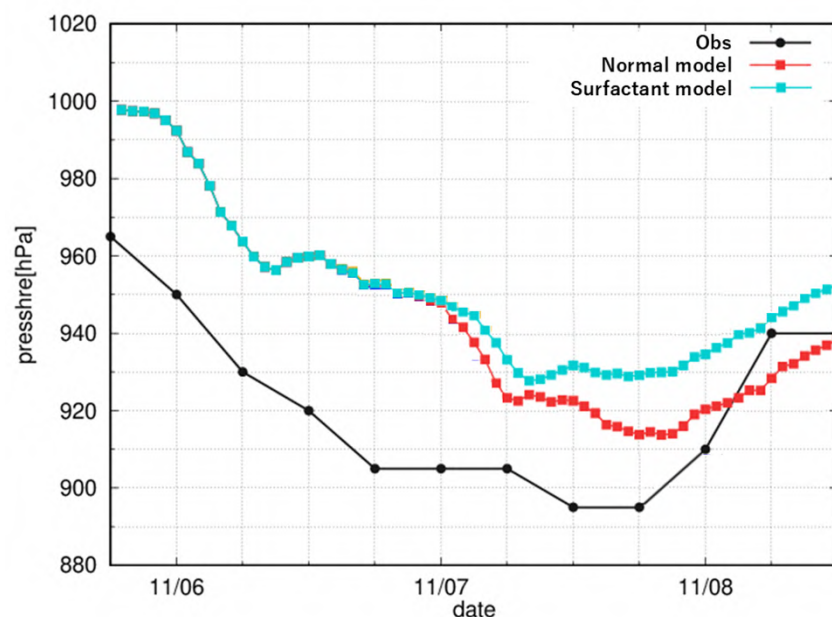


兵庫県立大学
UNIVERSITY OF HYOGO



MOONSHOT
RESEARCH & DEVELOPMENT PROGRAM

(Matsuda et al., MS8 workshop, 2024)



界面活性剤モデルでは、最低気圧は増加し、最大風速は僅かに減少する



高風速における、海面フラックスの異なるモデル曲線は台風シミュレーションの結果に顕著な影響を及ぼす可能性がある

- 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。（PI：鈴木, 岩野）
- 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。（PI：高垣）
- 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。（PI：松田）

ご清聴ありがとうございました