

---

---

# エジンバラ大学（イギリス） 研修報告書

## Development of Numerical Tank for Multidirectional Wave Basins Using GPUSPH

工学研究科 輸送環境システム専攻 金平 大河

### 1. はじめに

2017年9月15日から同年10月15日の間、イギリスのエジンバラ大学において研究を行った。その報告を以下にする。

### 2. 共同研究課題の決定

本研究室は、粒子法の一つである SPH 法を用いた数値計算技術に関する研究を行っており、船舶や海洋開発の分野に適用している。また、イギリスのエジンバラ大学は、多方向からの潮流と波浪の複合条件によって実海域の様々な海象条件を再現可能な円形水槽（FloWave）や、実海域のフィールド試験場を有しており、海洋開発に関する世界的な研究機関である。そこで今年度より、双方の得意分野を融合させ、円形水槽の数値モデル構築を目的とした共同研究を行う。

### 3. 共同研究スケジュール

9月18日 出国

9月20日～10月17日 研究、プレゼンテーション

10月19日 帰国

### 4. 共同研究派遣先の概要

大学名: The University of Edinburgh/Institute for Energy Systems

所在地: UK Scotland Edinburgh EH9 3JL The King's Buildings

指導教員: Professor David Ingram

### 5. 共同研究内容

#### 5. 1 概要

近年、海洋エネルギー発電の分野では、欧州（特に英国）が最先端の海洋技術と多くの実績を有しているが、実海域の海象条件下において、構造物の耐久性や発電量を評価する技術の確立が重要課題である。このような背景の下、エジンバラ大学は多方向からの潮流と波浪の組み合わせにより、実海域の様々な海象条件を再現可能な円形水槽（以下 FloWave）を世界で初めて開発（2015年）した。この水槽を用いた実験により、多方向からの波浪・潮流が共存する非線形流体場において、海洋構造物に作用する流体力のデータ取得が可能となるため、世界各国の研究者・企業が FloWave を、実海域を想定した発電装置の設計開発に有効活用している。しかしながら、同水槽を対象とした数値シミュレーション水槽は未だ開発されておらず、現在、緊急課題となっている。そこで、本研究では FloWave の数値モデル構築を目指す。

FloWave は直径 25m、水深 2m の領域を持つ円形型水槽である。Fig.1 に FloWave の内部の様子を示す。FloWave は造波及び計測を目的とした上部フロアと、潮流循環を作るための下部フロアに分かれている。上部フロアには 168 個の多分割式造波機が設置されており、任意波浪場の造波・吸

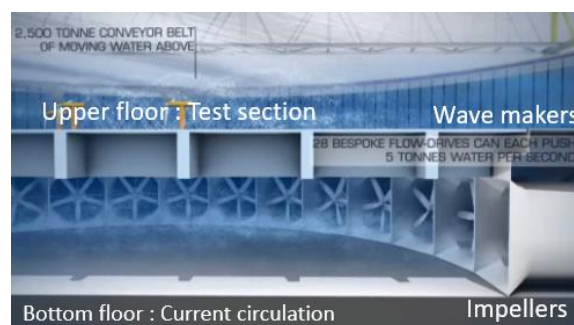


Fig.1 FloWave の内部の様子

---

---

取を行っている. 下部フロアには 28 個の潮流タービンが設置され, 最大 2m/s の潮流を起こすことが可能である. なお, 本年度は上部フロアの波浪モデルの構築を行い, 実験値との比較を行うことで精度検証を実施した.

### 5. 2 波浪場の精度検証

任意波浪場の再現性の確認を行うために, ①一様波列規則波②一様波列不規則波③集中波の波浪条件を数値モデルで再現し, 同条件下の実験で計測された波高の時系列データと比較した. その中から以下には例として, ①一様波列規則波の波条件, 波高計測位置を示す.

一様波列規則波の波条件を Table.1 に示す. 波周期 0.3~0.6 (Hz), 波形勾配 (H/L: 波高と波長の比) 1~4% の計 6 ケースの波条件の再現を行った. Fig.2 には波高計の位置を示す. 水槽中央部に 8 個の波高計を設置し波高を計測した.

Test case	Frequency (Hz)	Steepness (%)
Case 1	0.3	2
Case 2	0.4	1
Case 3	0.4	2
Case 4	0.4	4
Case 5	0.5	2
Case 6	0.6	2

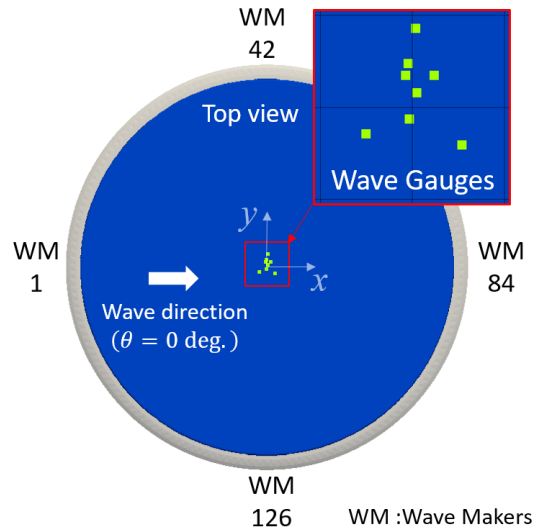


Fig.2 Positions of wave gauges

以下には, ①一様波列規則波②一様波列不規則波③集中波の数値波浪場の様子と, 実験で得られた波高時系列の比較を示す.

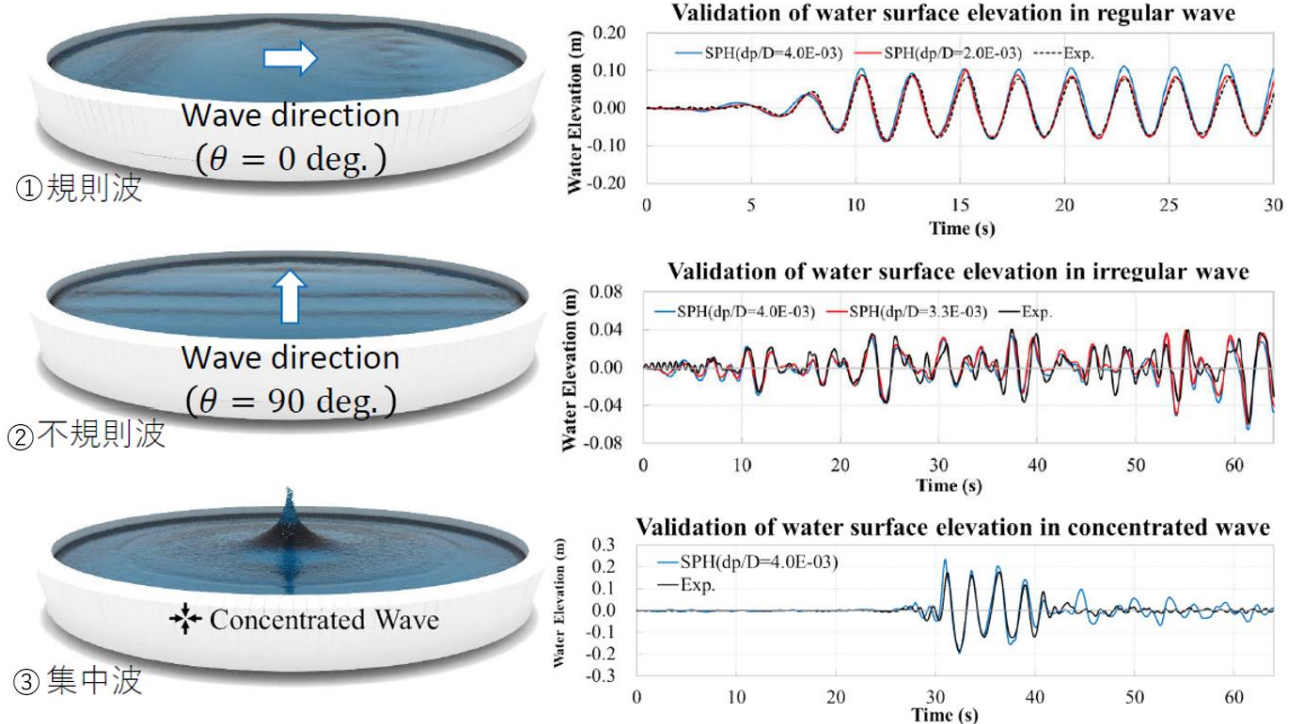


Fig.3 各波条件における波浪場の様子 (左) と実験値との波高時系列の比較 (右)

### 5. 3 結果および考察

Fig.3 の波浪場の様子から、①左側から右側に進行する一様波列規則波、②下部から上部に進行する一様波列不規則波が再現されていることが確認できる。また、Fig.3 の右側に示した、実験で得られた波高時系列の比較も良好の一致を示しており、意図した波条件が再現されていることが明らかである。ただし、粒子間隔 (dp) が粗い場合 (dp=10cm)、規則波においては波の一部が吸収されず反射するため、波高の水位が上昇する。また、不規則波においては、波の高周波成分が平滑化される問題が生じる。しかしながら、これらの問題は細かい粒子間隔 (dp=5cm) を用いることで改善されることが確認された。また、③集中波の条件下では、水槽中心部で波高を計測することが困難なため、実験では造波板近くで波高を計測している。その実験値との比較 (Fig.3 右下) も良好な一致を示しており、円中心部において最大波高 3.5m 程度の数値波高を計測した。

### 5. 4 今後の課題

上記で述べたように、本年度は FloWave の波浪数値モデルを開発し波浪場の精度検証を実施した。今後は、Fig.4 に示すように波浪場に浮体を設置した場合における、浮体の 6 自由度運動成分の比較や、浮体に働く流体力の精度検証を実施する予定である。また、FloWave の潮流モデルについても開発を行い、音響トモグラフィ-CAT システムで得られた平面流れ場との面的な精度検証も行っていく予定である。

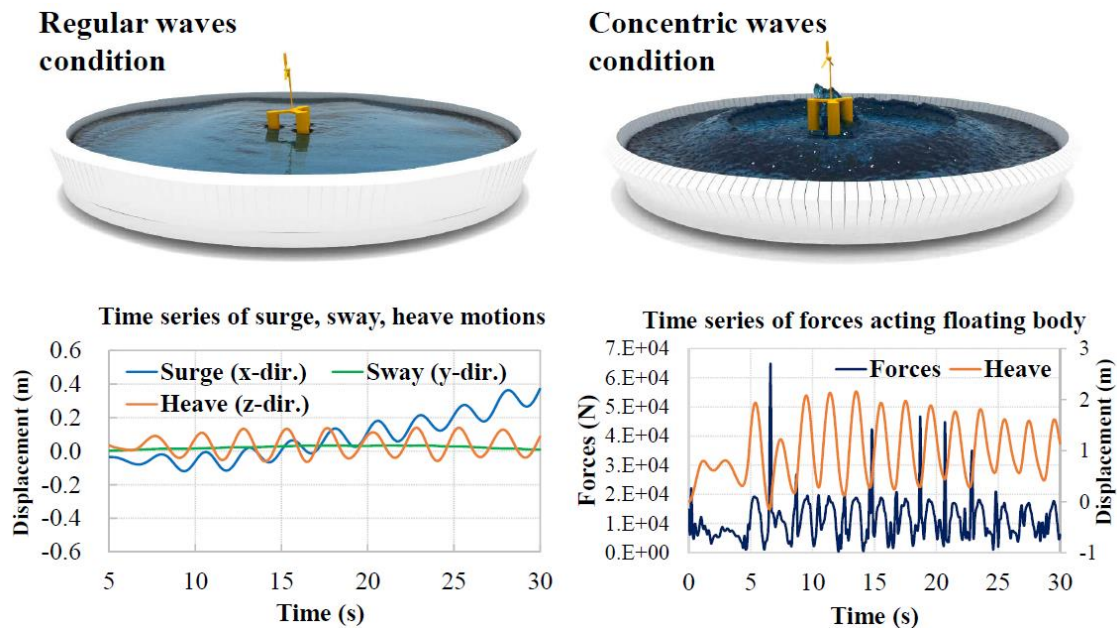


Fig.4 流体構造連成作用計算の様子

## 6. まとめ

約 1 か月という短い期間でしたが、海洋開発の最先端の研究機関であるエジンバラ大学で研究を行えたことは、夢のような体験であり研究者として今後の糧になると思います。海外の研究者と英語でのやり取りは大変難しく、メールの返信が遅いなど不安になることもありましたが、これも異文化体験であり、貴重な経験になりました。特に、英語を通して海外の研究者と交流を持ち関係性を築くことは大変困難で、これまでの自分の英語に関する勉強法について考えさせられました。この体験で経験したこと、思ったことを忘れずに今後日々努力していきます。

## 7. 謝辞

本研究でご指導して下さいました Ingram 教授、現地生活の手助けをして頂いた研究室の学生の方々、このような貴重な機会を与えて頂いた、陸田秀実准教授に厚く御礼申し上げます。また、このプロジェクトを支援して下さいました、実行委員先生方と国際事業担当の皆様にも深く御礼申し上げます。