

# 係留型越波対策工の挙動に関する 数値シミュレーション



九州大学

九州大学大学院・・・中谷 和博, 山城 賢  
坂本 聡太, 児玉 充由

東亜建設工業株式会社・・・原 知聡, Ain Natasha Balqis  
倉原 義之介, 武田 将英

# はじめに

## ・越波



被害例・・・構造物への影響，通行規制など



地球温暖化による  
台風の強大化，海面上昇  
➡ 越波が多発

## ・基本的な越波対策



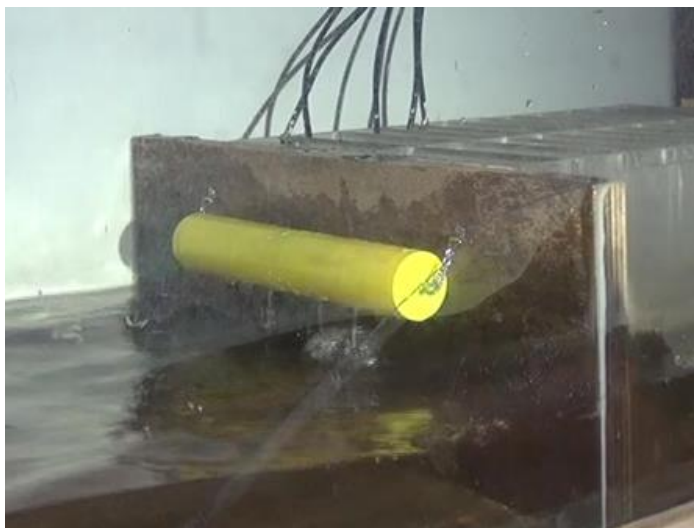
パラペットの嵩上げ



消波工

- ・高コスト
- ・地形や空間の制約

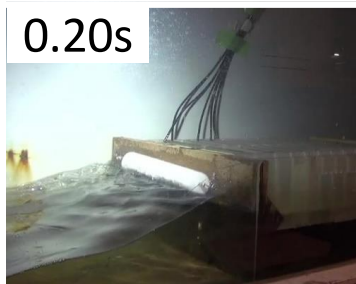
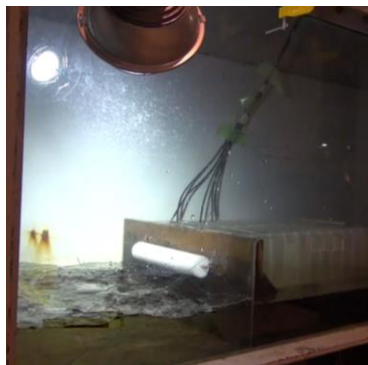
## ・係留型越波対策工の提案



### メリット

- ・約6割の越波低減効果 (海洋開発論文集 2020)
- ・設置, 維持管理が容易
- ・低コスト
- ・景色を妨げない

## ・対策工が波の打ち上げを遮る様子



# 数値シミュレーション

～係留型越波対策工の実用化に向けて～

数値シミュレーションで検討できれば効率的



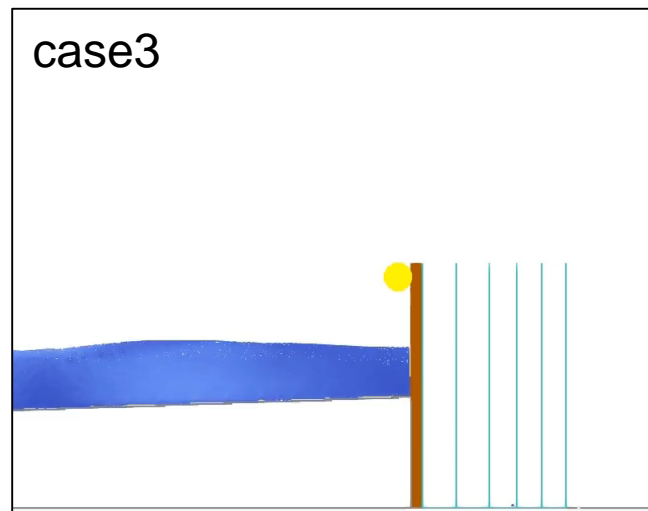
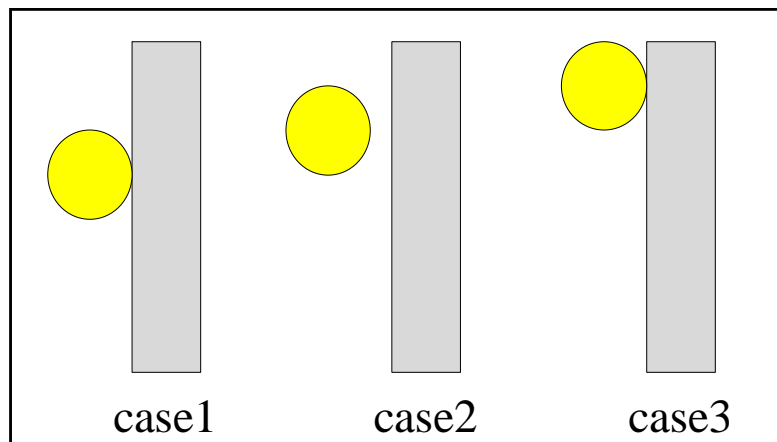
DualSPHysics (Crespo AJCら2015)

・粒子法のSPH法がベース(砕波や水しぶきの計算に対応)



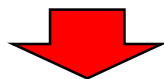
DualSPHysics v4.2である程度越波低減効果評価できることを確認。(海洋開発論文集 2019)

係留索は再現できない。



# 数値シミュレーション

DualSPHysics v\_4.2では係留索を再現できない。



## 本研究の目的

アップデートされたDualSPHysics v\_5.0を用いて数値シミュレーションでも係留索を再現し、対策工の基本特性の評価に有用であるか検討する。

## 係留索の再現方法

Case1: 機構モデル(Project chrono)

Case2: 動的係留ラインモデル(MoorDyn)

Case3: 係留索をMoorDynで再現。

物体, 流体の相互作用を

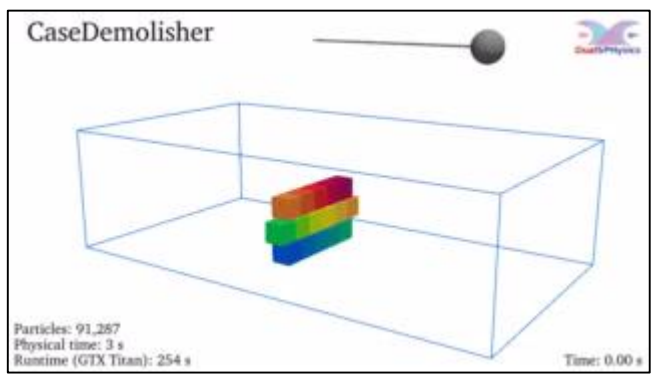
Project chronoで計算。



# Case1: Project chronoによる係留索の再現

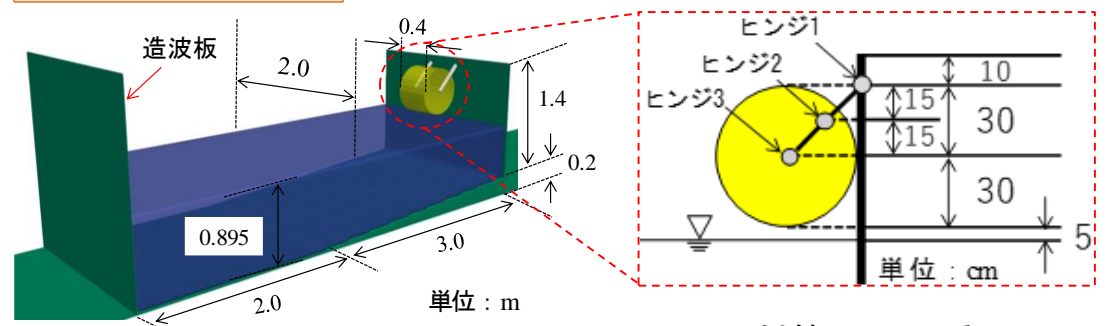
機構モデル(project chrono)により**ヒンジ**を作成し、物体を**連結**できる。

## ・計算例



※DualSPPhysics\_v5.0-examplesより引用

## ・計算領域



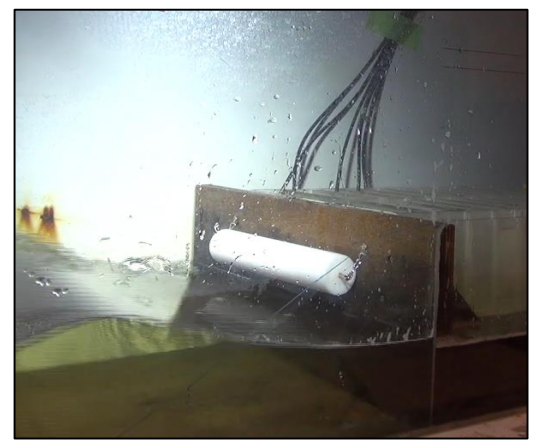
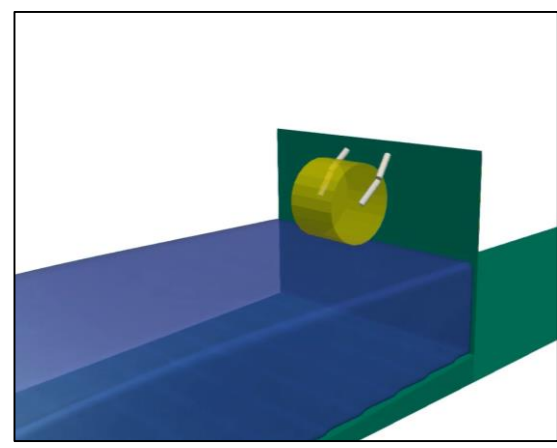
- ・  $H_{1/3}=0.8\text{cm}$ ,  $T_{1/3}=2.0\text{s}$ の不規則波
- ・ 粒子間距離 20mm

対策工の比重は0.05

## ・計算条件

総粒子数	1,090,931個
液体粒子数	959,607個
粒子間距離	20mm
造波時間	25秒
計算時間間隔	0.1秒

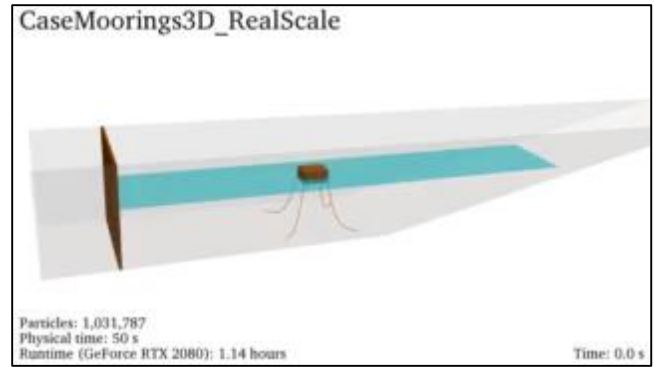
## ・計算結果





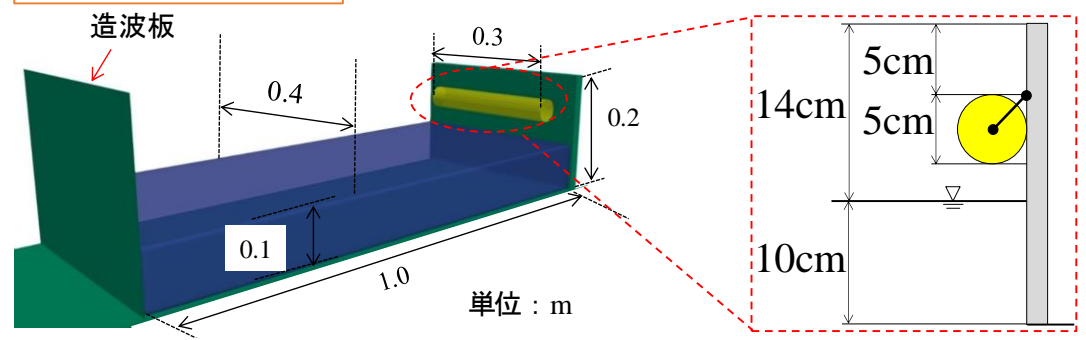
## 動的係留ラインモデル(MoorDyn)で係留索を再現.

### ・計算例



※DualSPHysics\_v5.0-examplesより引用

### ・計算領域



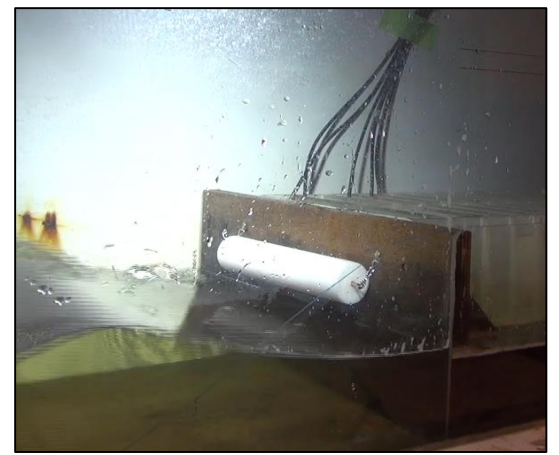
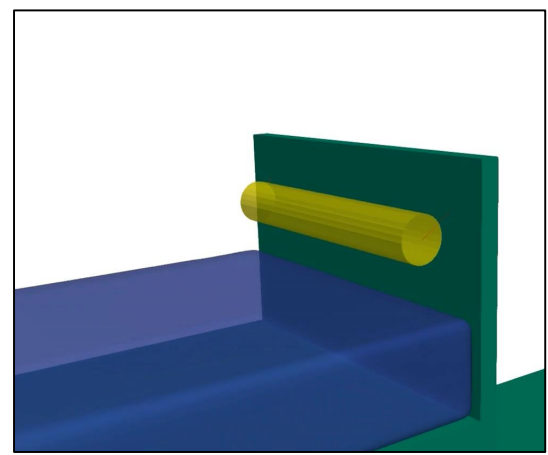
- ・  $H=1.0\text{cm}$ ,  $T=0.1\text{s}$ の規則波
- ・ 粒子間距離 3mm

対策工の比重は0.066

### ・計算条件

総粒子数	4,508,794個
液体粒子数	2,788,500個
粒子間距離	3mm
造波時間	8秒
計算時間間隔	0.1秒

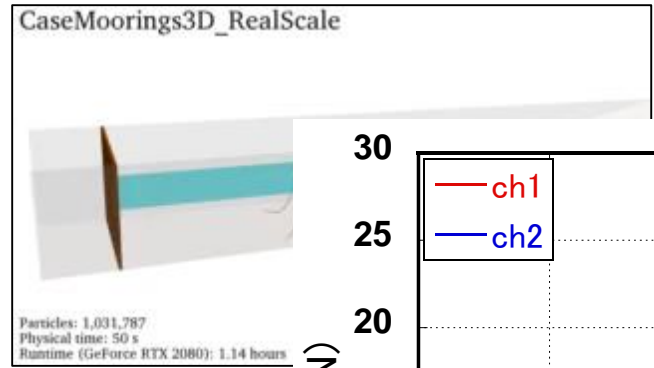
### ・計算結果



# Case2: MoorDynによる係留索の再現

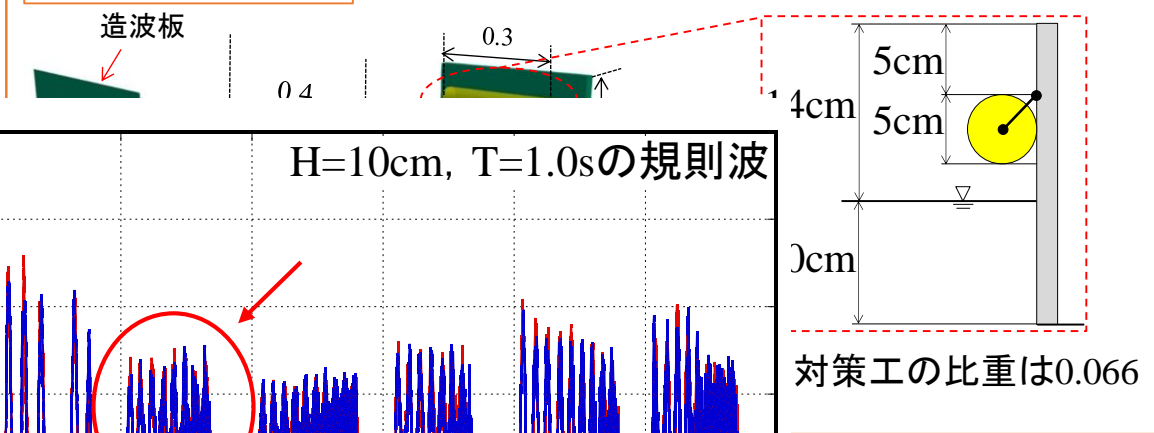
動的係留ラインモデル(MoorDyn)で係留索を再現.

・計算例



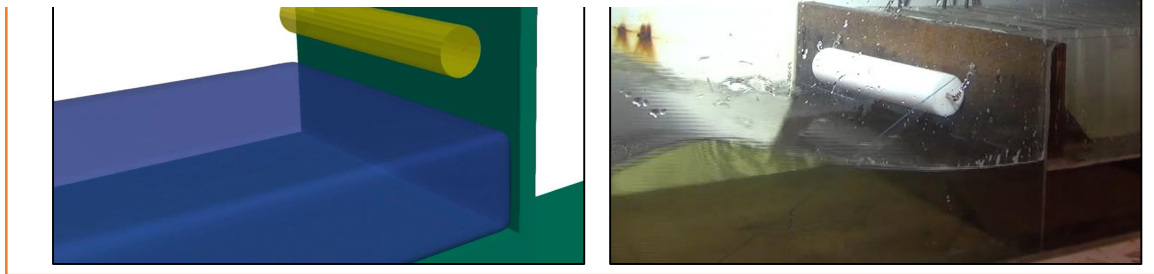
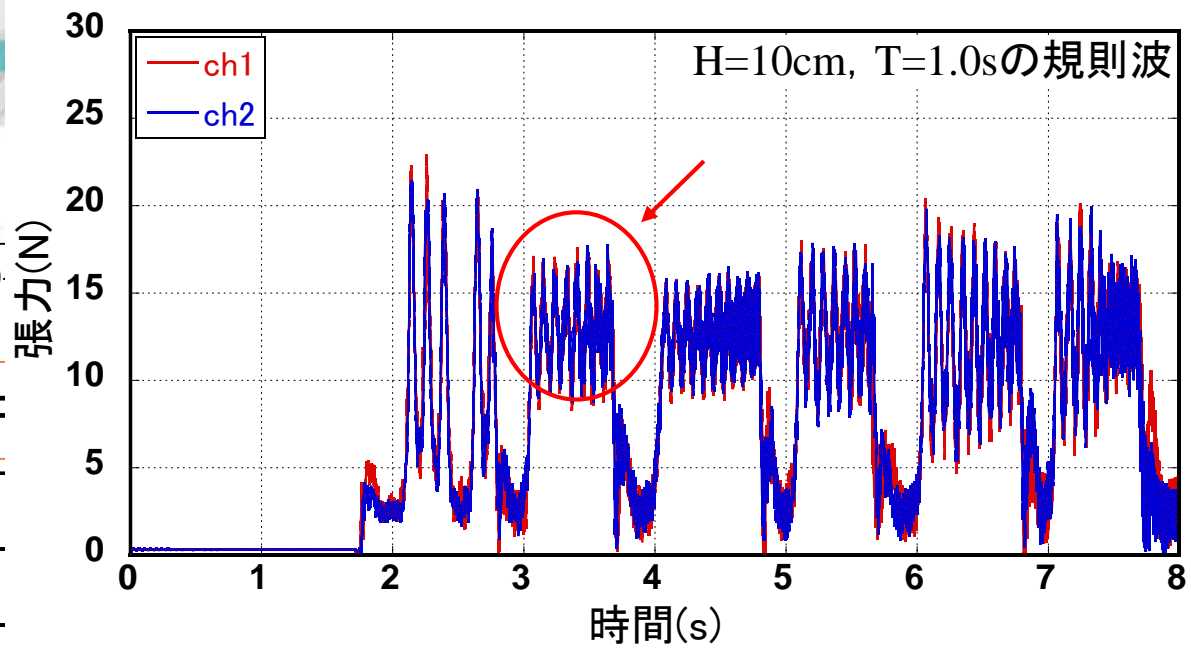
Particles: 1,031,787  
Physical time: 50 s  
Runtime (GeForce RTX 2080): 1.14 hours  
※DualSPHysics\_v5.0

・計算領域



・計算条件

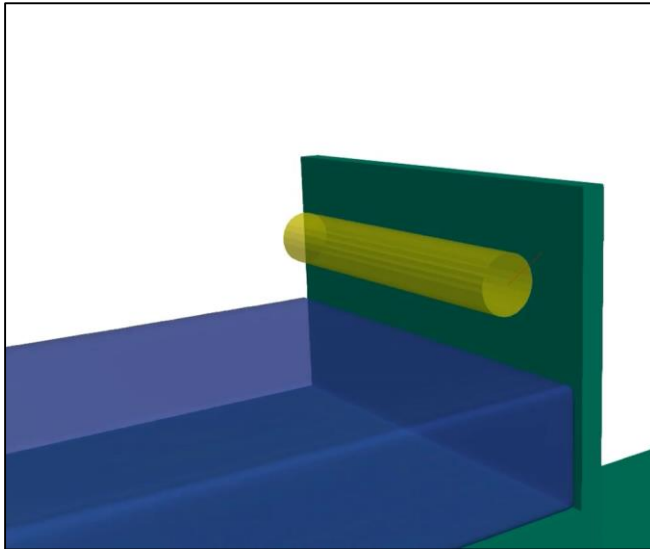
総粒子数	
液体粒子数	
粒子間距離	3mm
造波時間	8秒
計算時間間隔	0.1秒





係留索は動的係留ラインモデルで再現.  
物体間, 流体物体の相互作用を機構モデルにより計算.

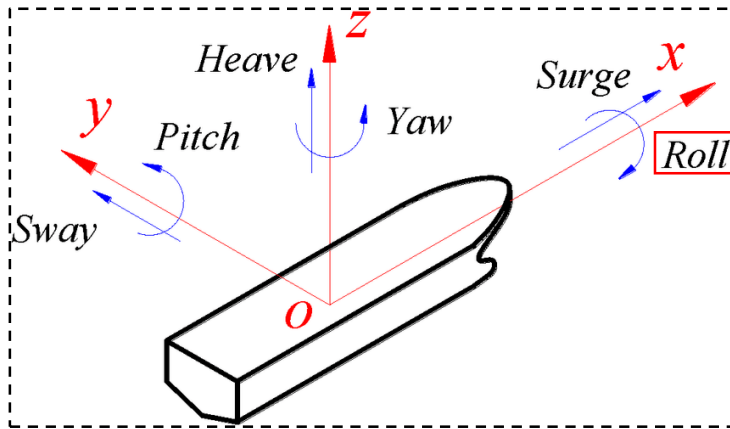
## ・計算結果



- ・対策工の挙動が**不安定**
- ・**計算負荷が大きい**

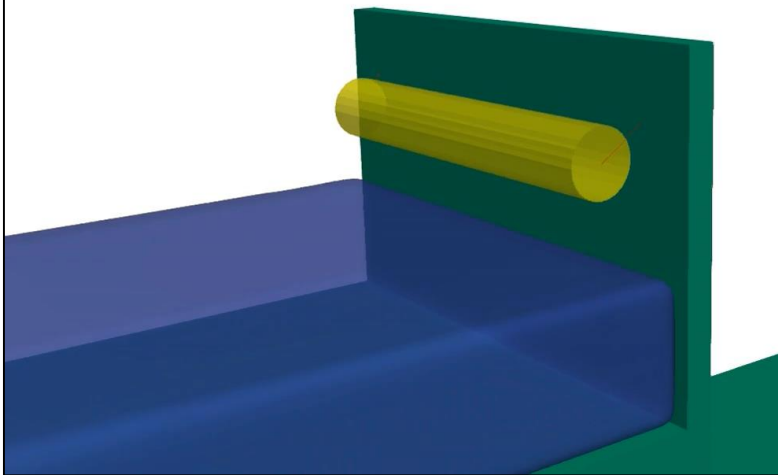
# Case4: 対策工の動きを制限

## 物体の自由度を制限

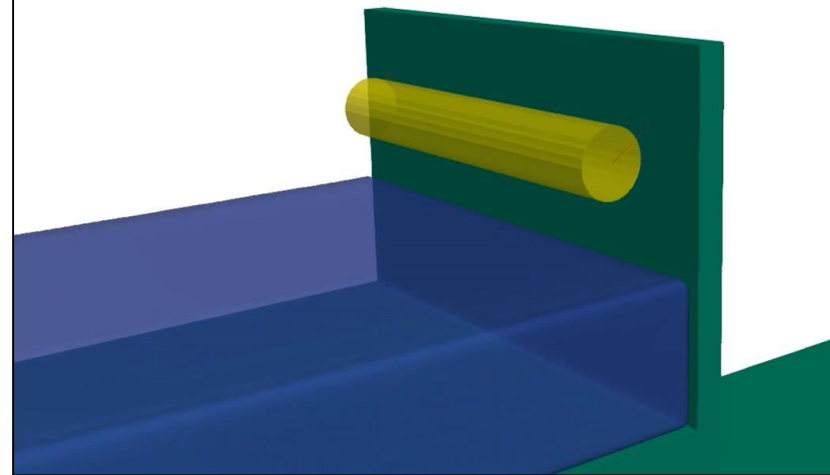


- ・安定した計算
- ・計算負荷も小さい
- ・一度波が作用すると  
係留索が振動する

制限なし

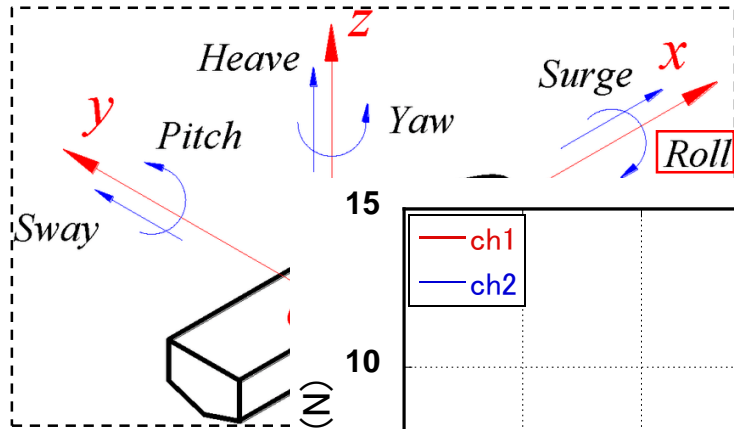


制限あり



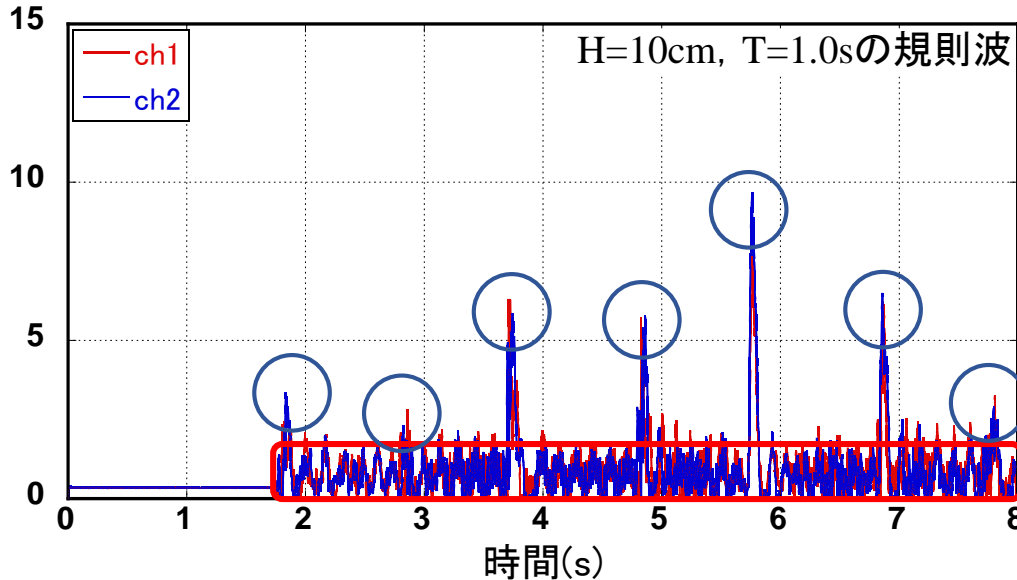
## 物体の自由度を制限

- ・安定した計算
- ・計算負荷も小さい



制限な

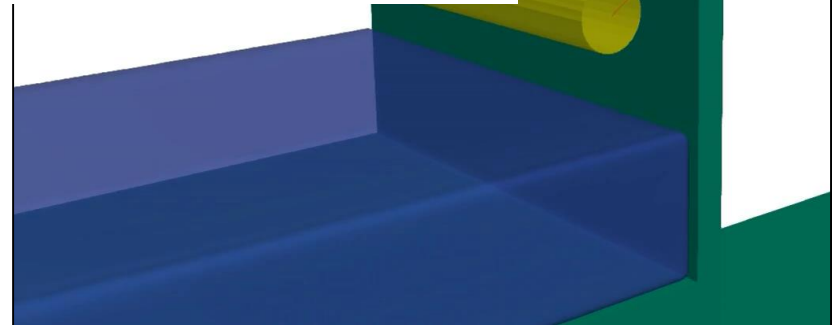
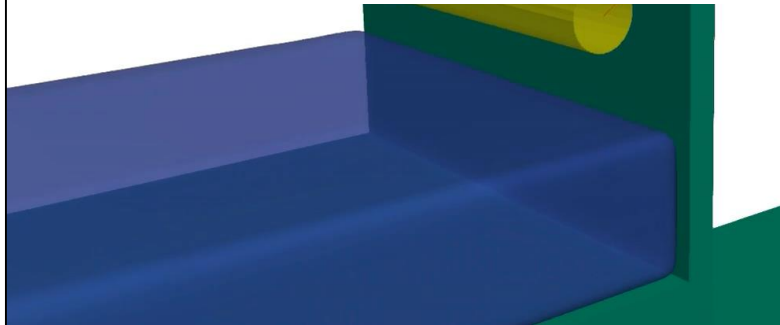
張力(N)



すると  
する

波による張力

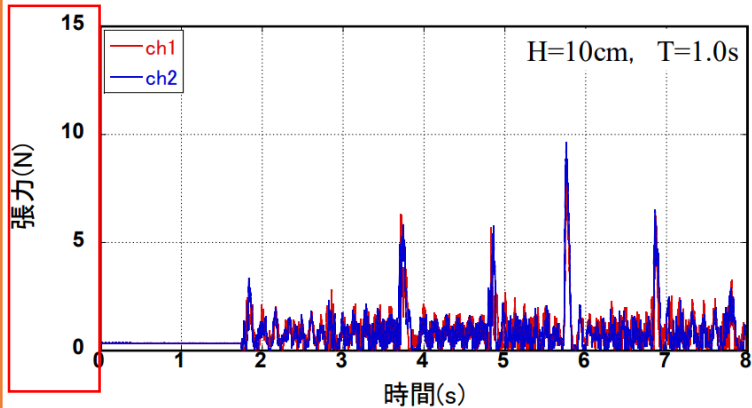
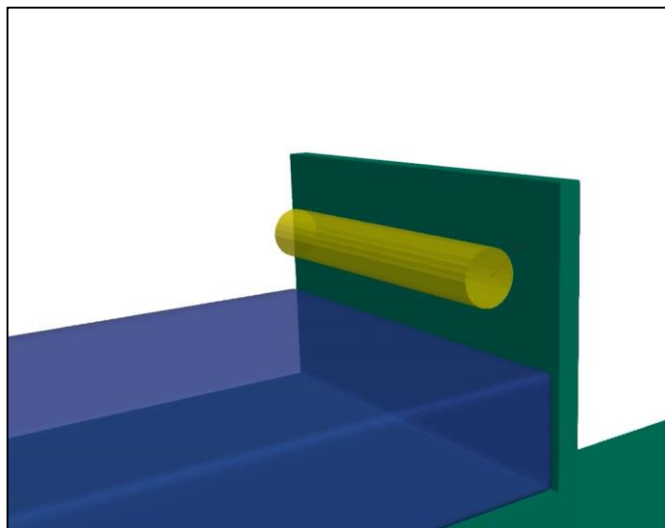
振動による張力



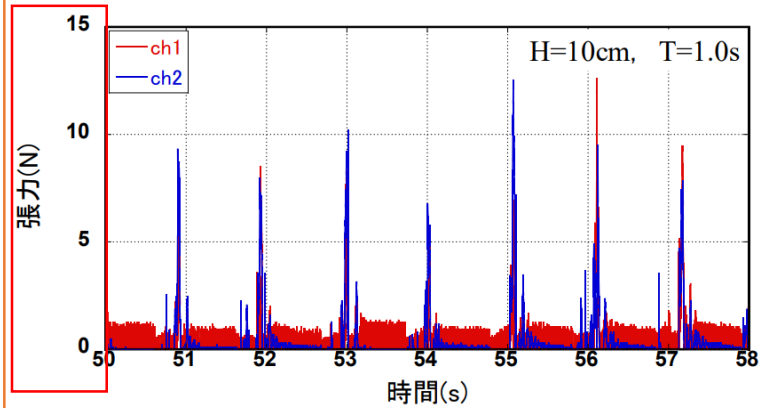
# 張力に関して

・張力はある程度評価可能.

・数値シミュレーション



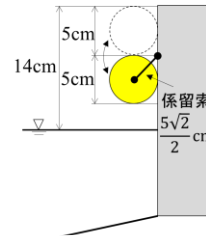
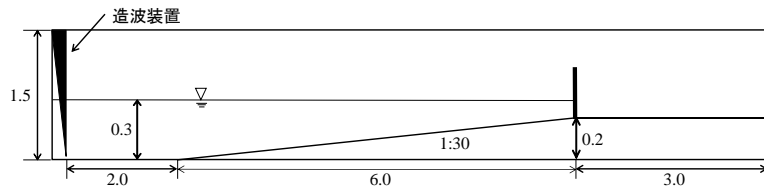
・水理模型実験



# 越波低減効果の検討

## 越波低減効果の妥当性の検討

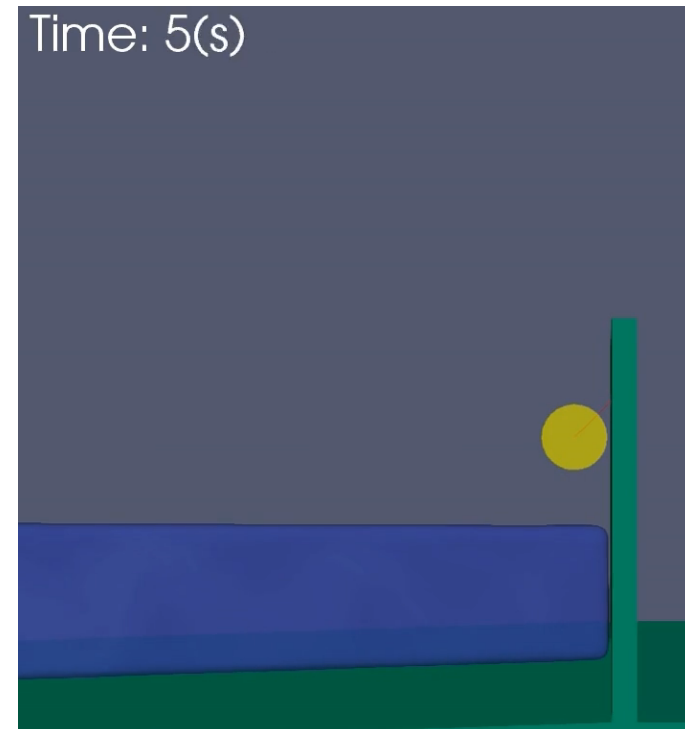
### 計算領域

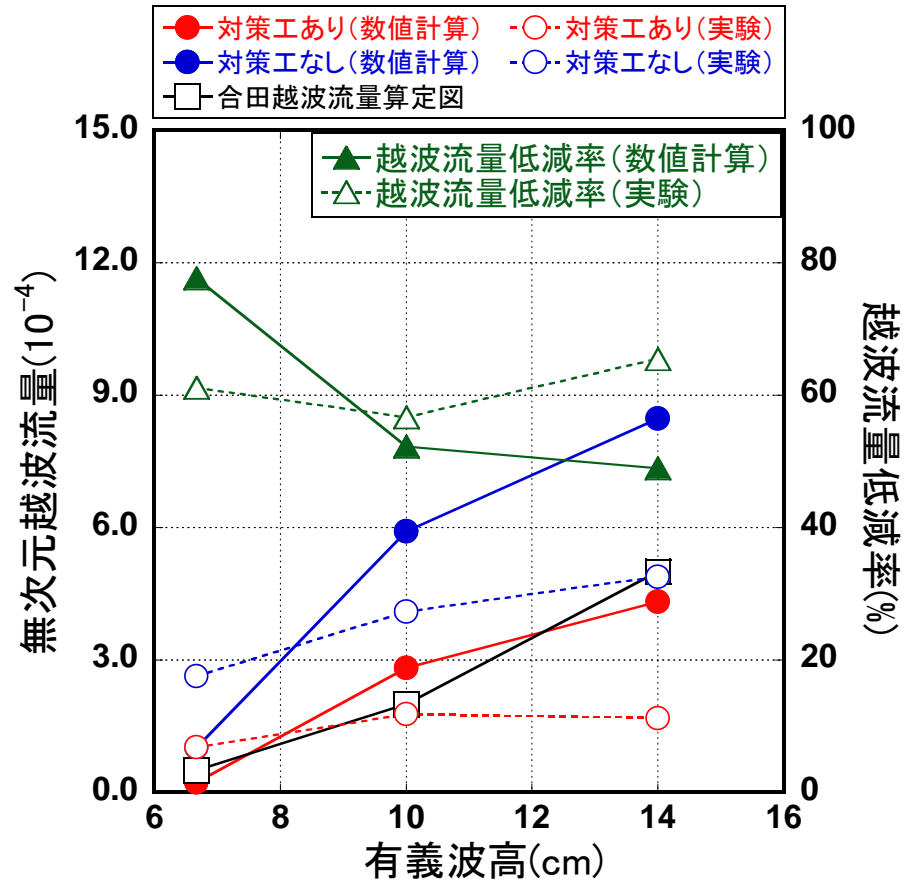
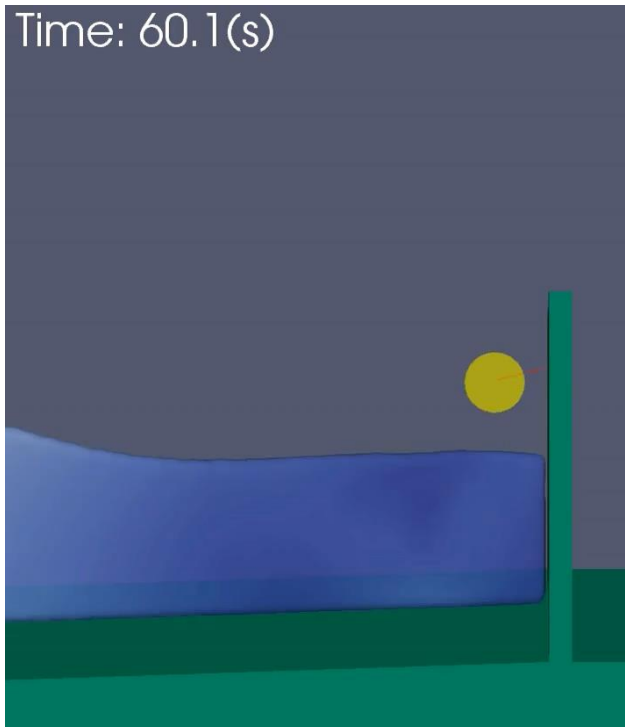


Case1	$H_{1/3}$	14.0cm
	$T_{1/3}$	1.58s
Case2	$H_{1/3}$	10.0cm
	$T_{1/3}$	1.33s
Case3	$H_{1/3}$	6.67cm
	$T_{1/3}$	1.09s

対策工の重量は38g

総粒子数	79,314 個
液体粒子数	70,151 個
粒子間距離	5 mm
造波時間	330 秒
計算時間間隔	0.1 秒





- ・係留部の位置が**変化**
- ・その状態でも**波の打上げを防ぐ**
- ・越波低減効果を**ある程度検討可能**



- ・ 係留型越波対策工は**高い越波低減効果**を有する
- ・ 数値シミュレーションで**係留索**を表現し、  
対策工の**挙動**を再現できると思われる
- ・ 係留索に掛かる**張力をおおよそ評価**することが可能
- ・ 2次元シミュレーションである程度の**越波低減効果を評価**できる

## 今後の課題

- ・ 3次元計算の計算負荷をどう**小さく**させるか  
→引き続きモデルの改善が必要