

波・風中の錨泊船の振れ回り運動に関する 水槽実験

令和2年9月18日

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所
流体性能評価系, 海洋開発系

1. 実験概要の説明

- 海洋構造物試験水槽の紹介
- 模型船・装置他の説明



階段に気を付けて

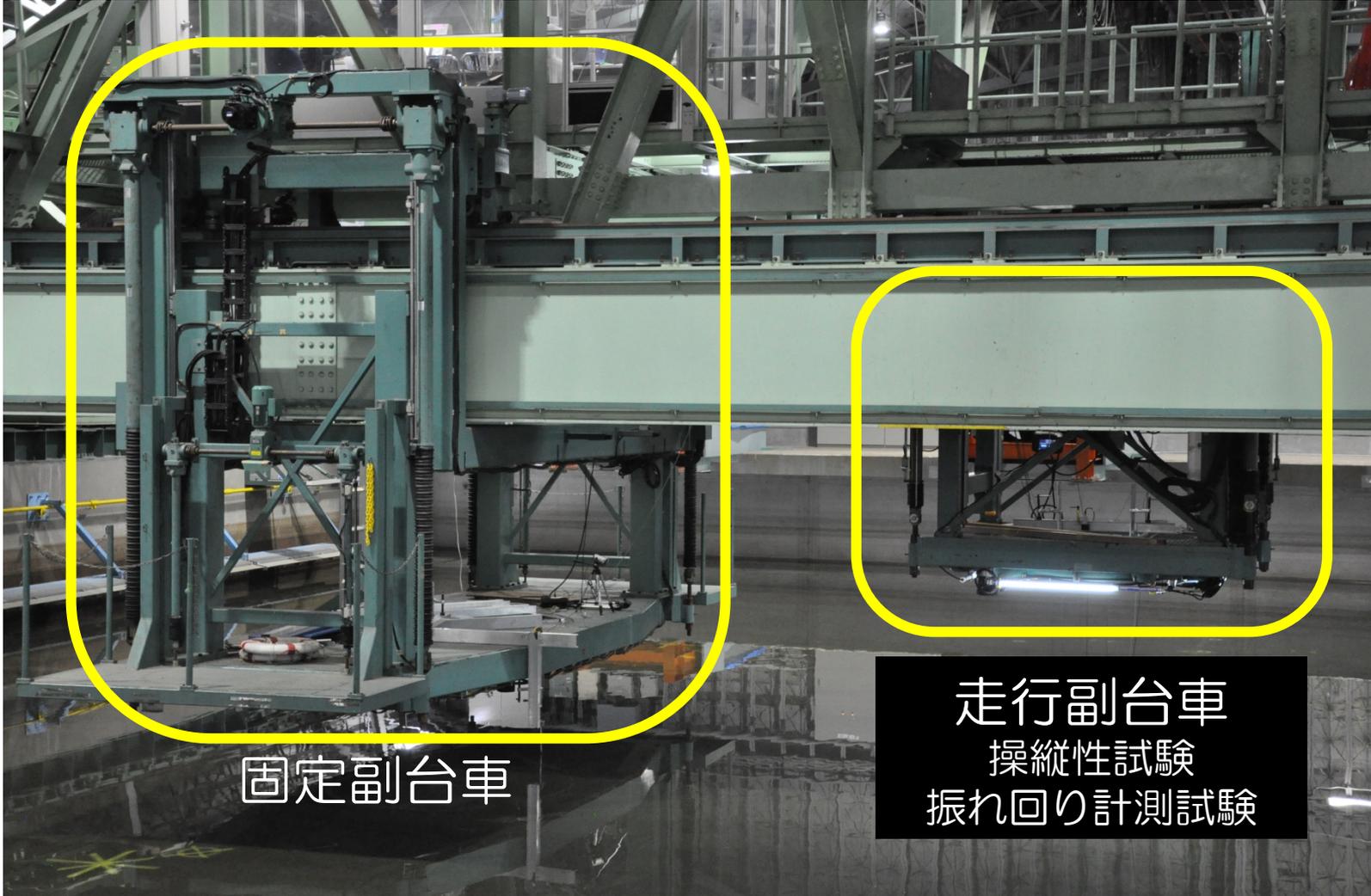


水槽の概要



長さ 40m
幅 27m
深さ 2m

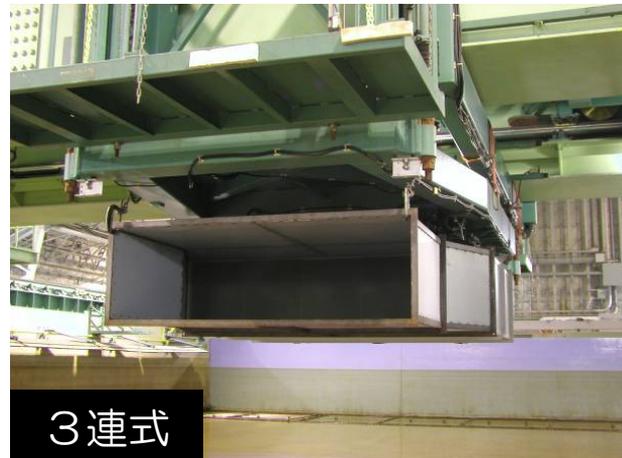
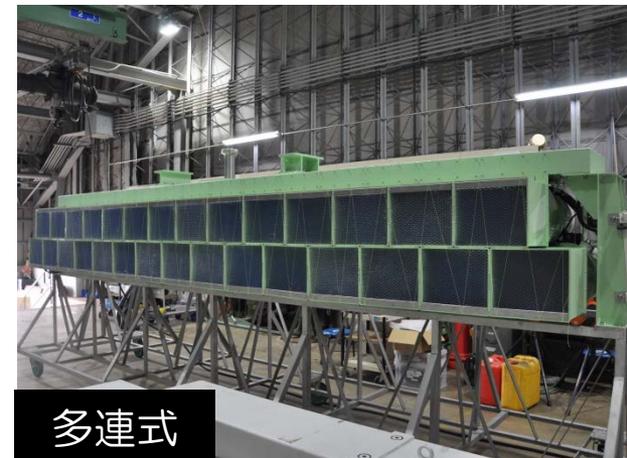
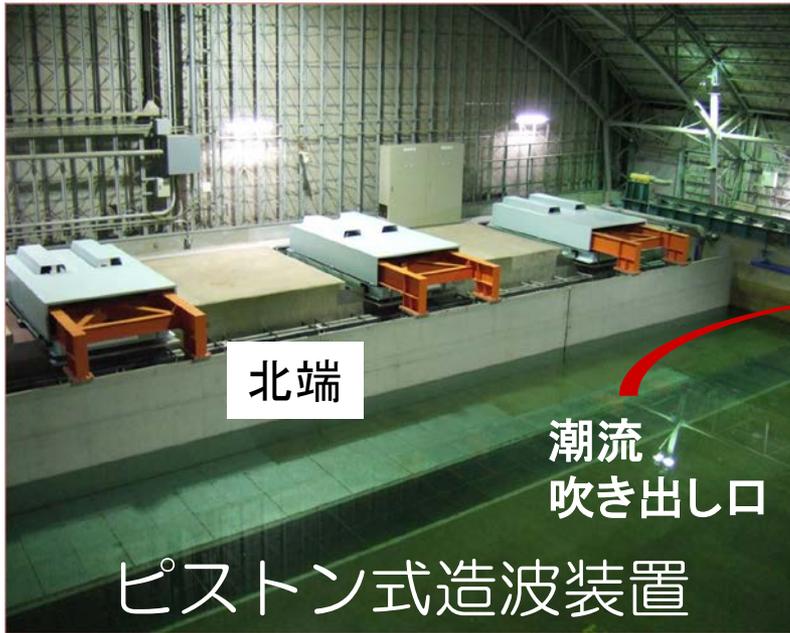
設備
X-Y台車(副台車×2)
造波装置
潮流発生装置
風発生装置



固定副台車

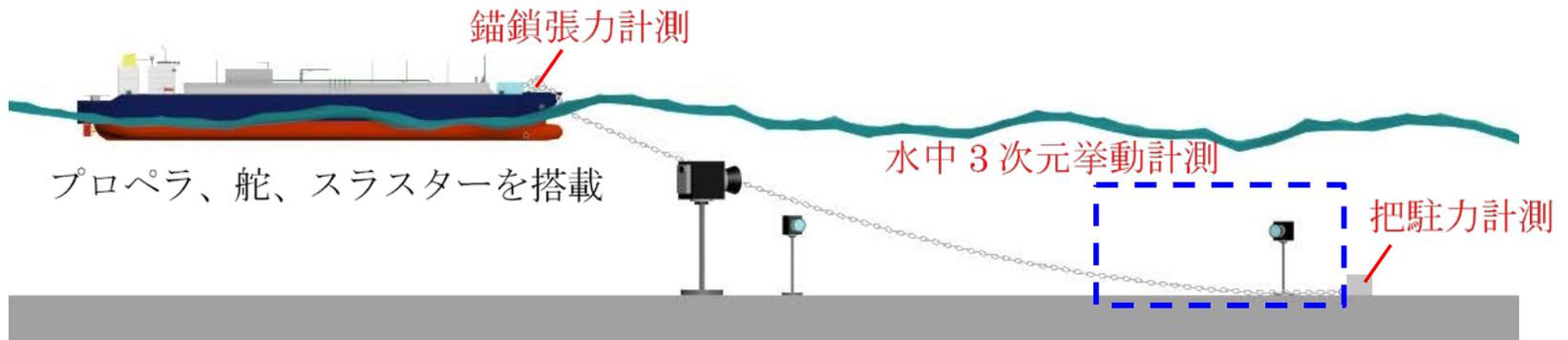
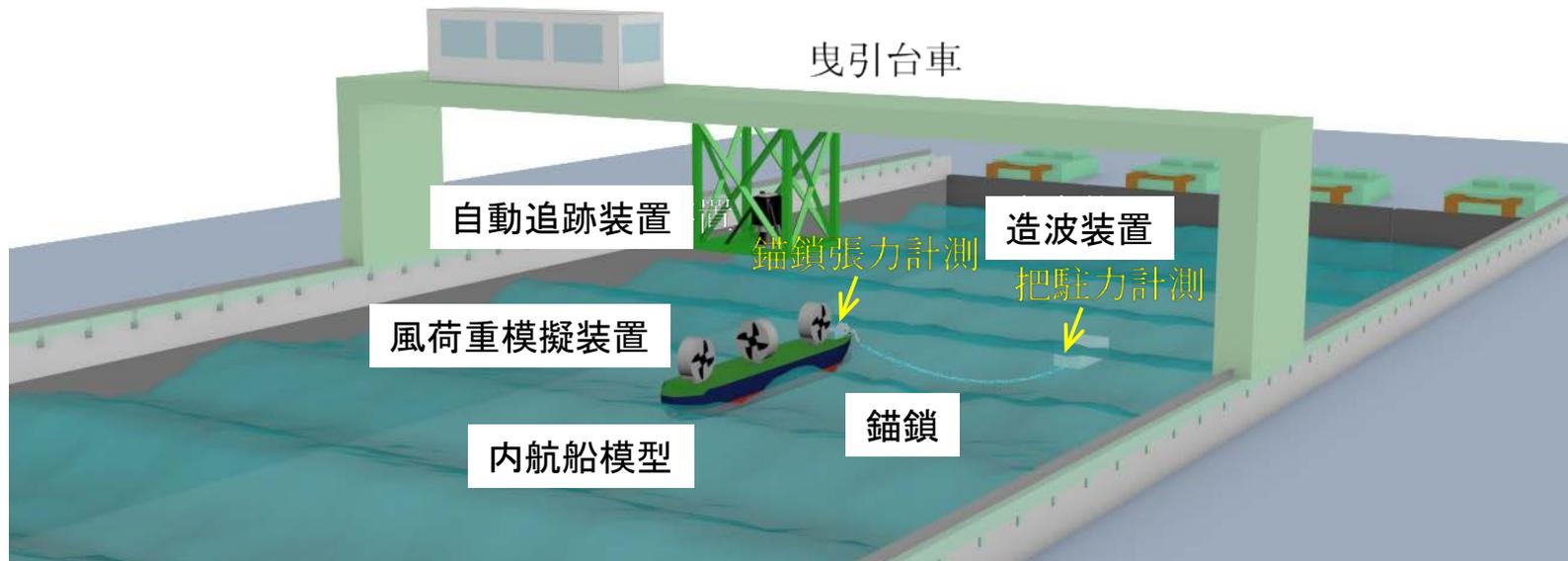
走行副台車
操縦性試験
振れ回り計測試験

設備



風発生装置

波・風中の振れ回り運動実験のイメージ



- 船上
 - 模型船の位置・速度
 - 船体運動(縦・横・船首揺れの角度及び角速度 など)
 - 船体運動(前後・左右・上下揺れの変位 など)
 - 錨鎖張力(左右舷)
 - プロペラ回転数及び推力
 - 舵角及び舵力
- 水中
 - アンカーの張力
 - 錨鎖の水中挙動



内航フェリー模型 (スケール: 1/36)

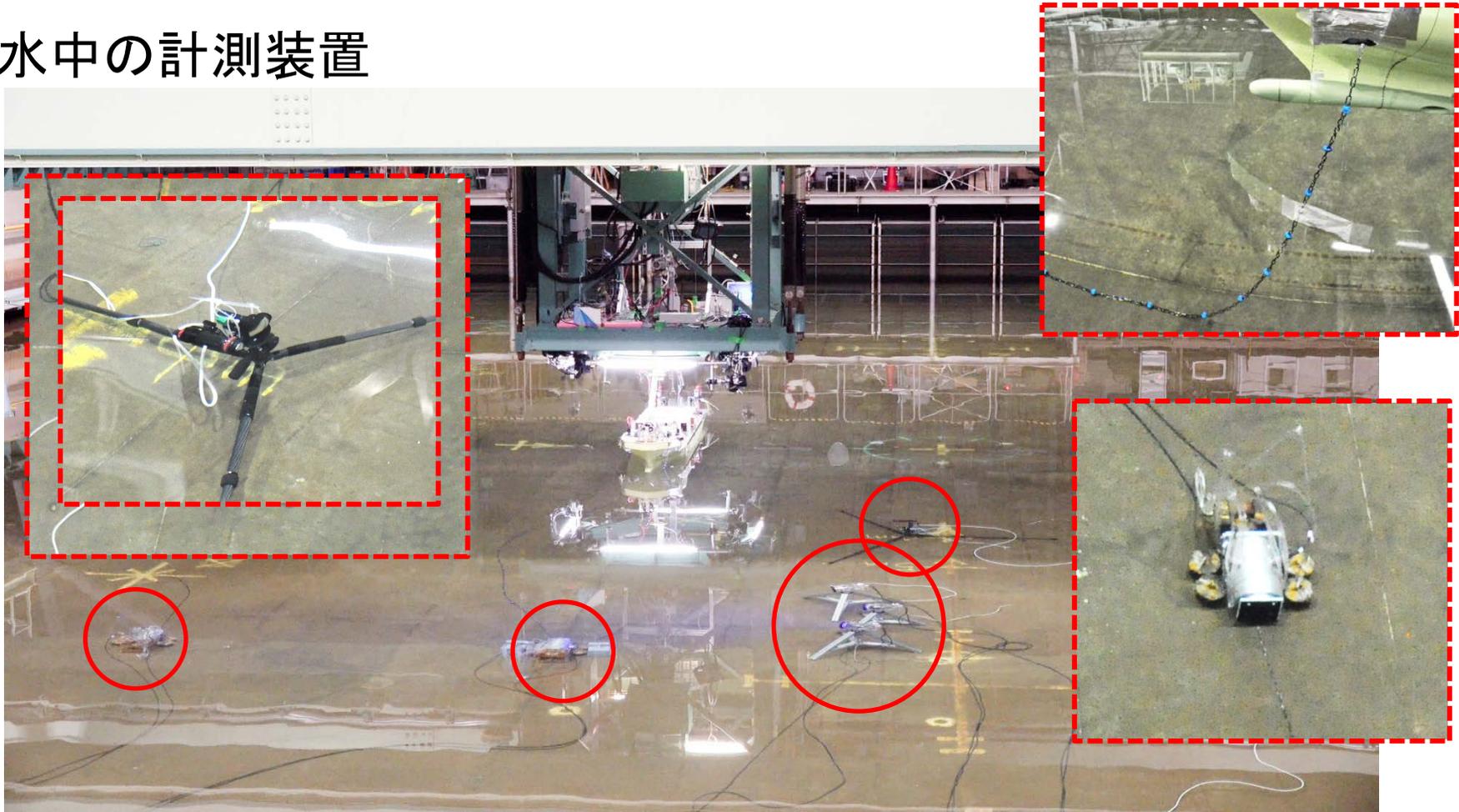
	模型船	実船
垂線間距離 (m)	2.778	100.00
船幅 (m)	0.518	18.65
喫水 (m)	0.139	5.00
排水量 (m ³)	0.126	5878.7
風圧側面積 (m ²)	1.023	1325.42



内航タンカー模型（スケール: 1/30）

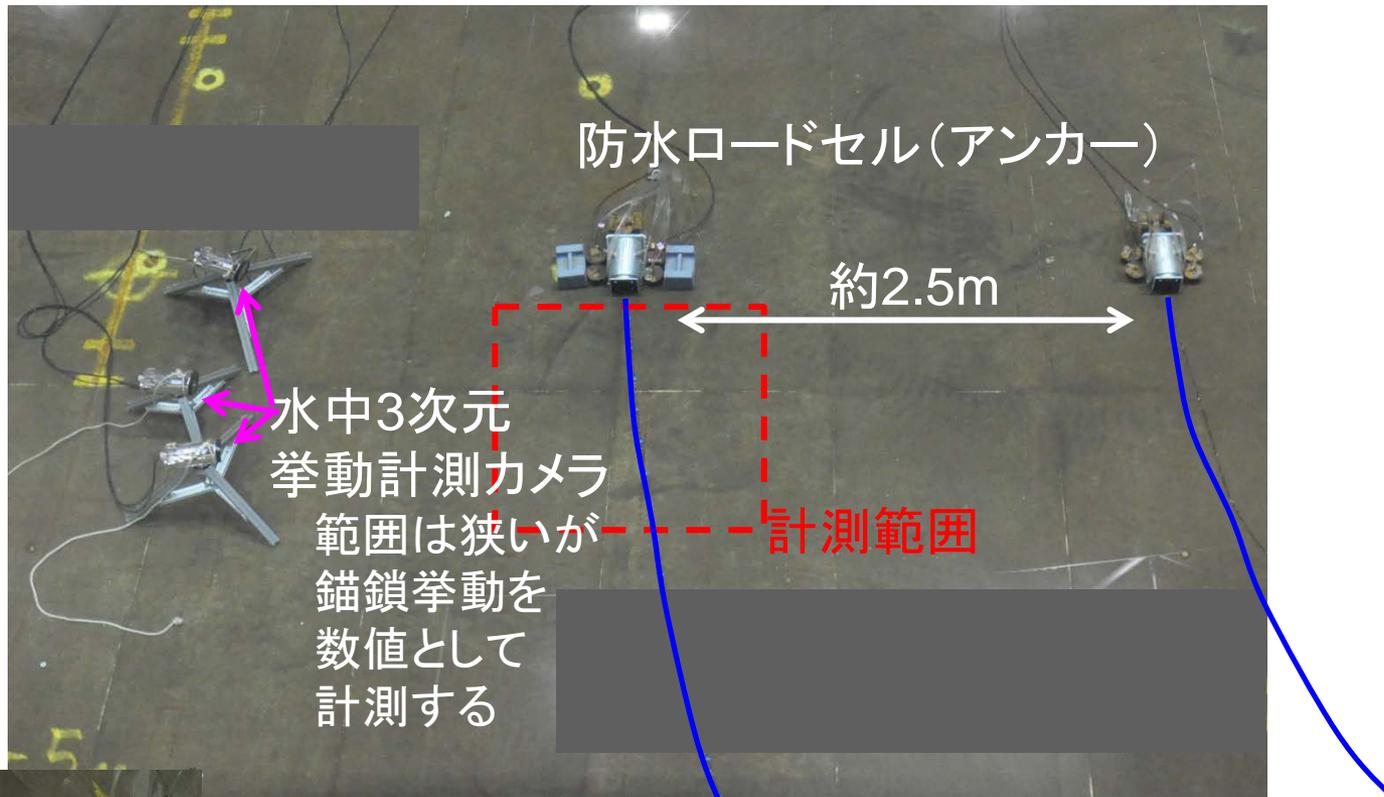
	模型船	実船
垂線間距離 (m)	2.867	86.00
船幅 (m)	0.527	15.80
喫水 (m)	0.153	4.59
排水量 (m ³)	0.164	4436.1
風圧側面積 (m ²)	0.642	577.56

水中の計測装置



- **防水型検力計** ... アンカーの張力を計測するための装置
- **水中3次元挙動計測システム** ... 錨鎖の水中挙動を計測するための装置
- **水中カメラ** ... 錨鎖の水中挙動を撮影するための装置

錨鎖挙動計測のための水中機器配置

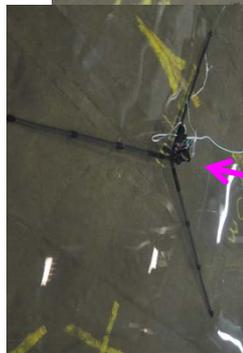


防水ロードセル(アンカー)

約2.5m

水中3次元
挙動計測カメラ
範囲は狭いが
錨鎖挙動を
数値として
計測する

計測範囲



広角レンズカメラ
錨鎖全体を画像で
把握する

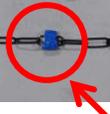
錨鎖

カメラは必要に応じて
移動して計測した

錨鎖

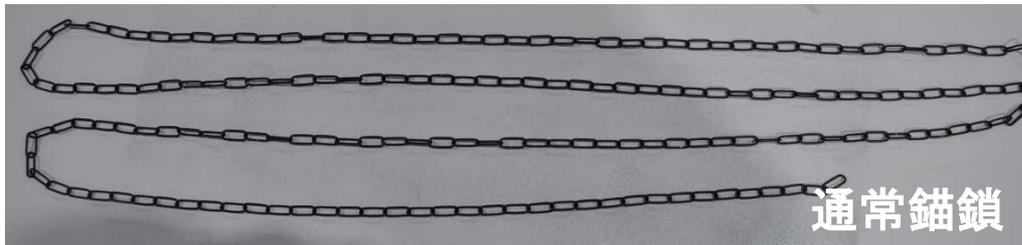


水中3次元計測用錨鎖



挙動計測用ターゲット

単錨泊、双錨泊・振れ止め泊の左舷錨鎖に使用



通常錨鎖

双錨泊・振れ止め泊の右舷錨鎖に使用

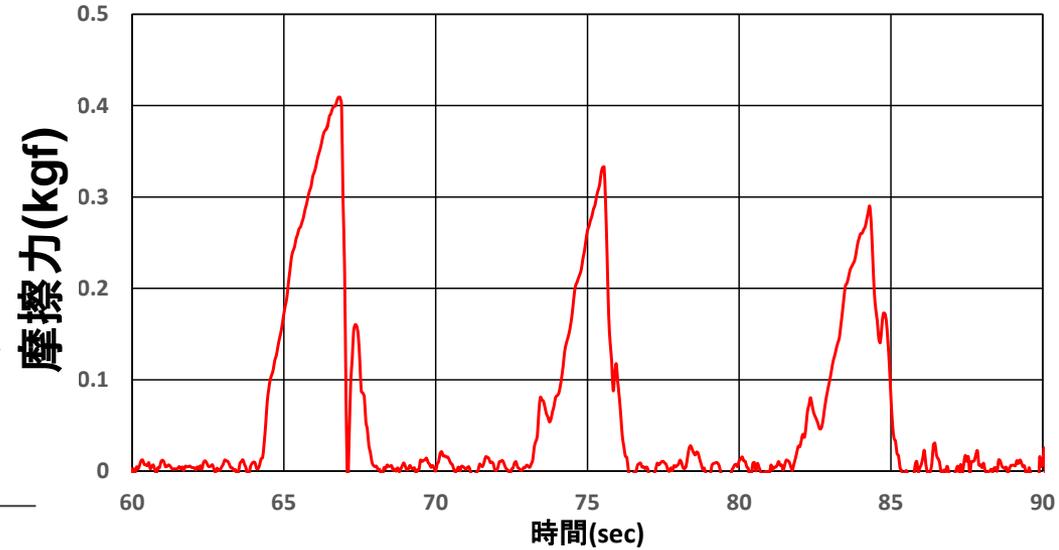
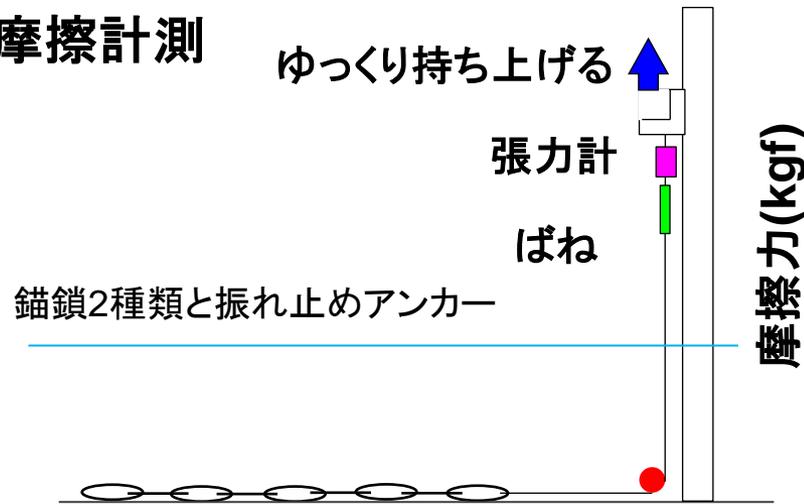


振れ止めアンカー



振れ止め泊
(円盤アンカー)

摩擦計測

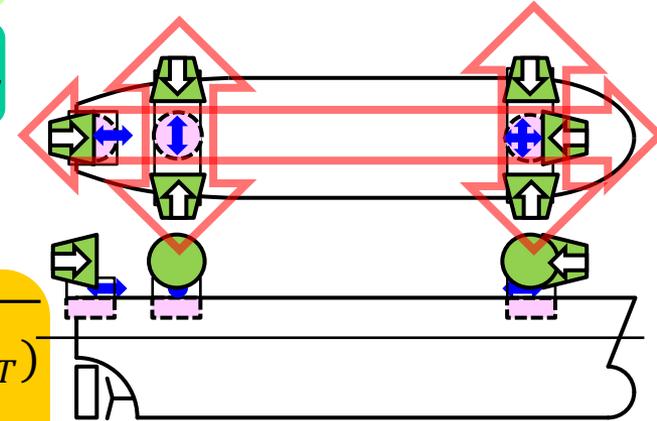
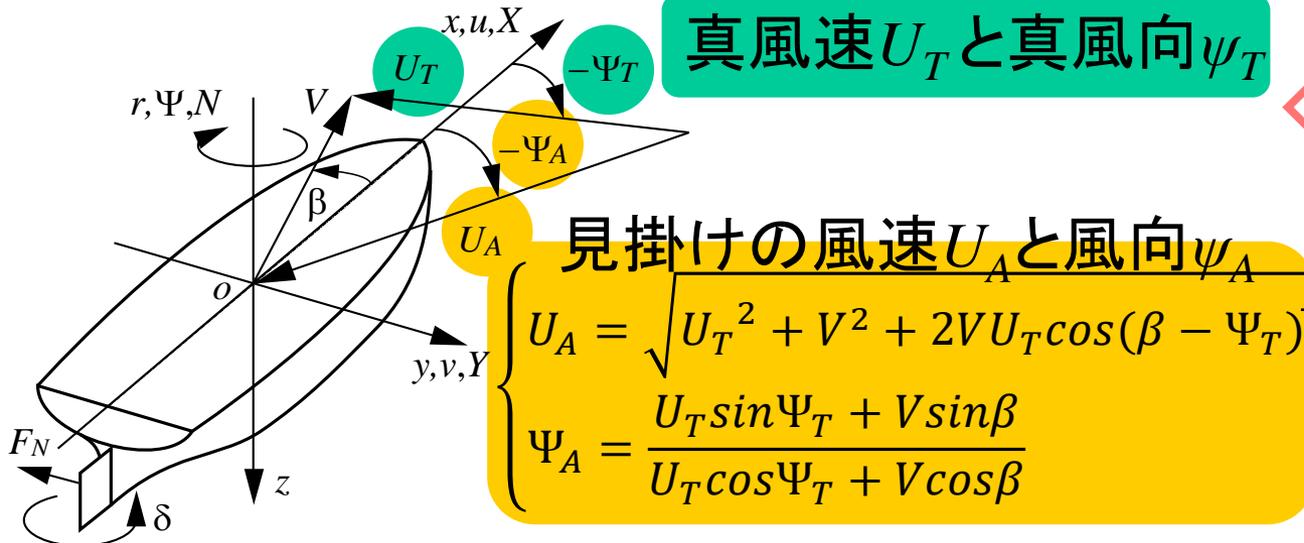
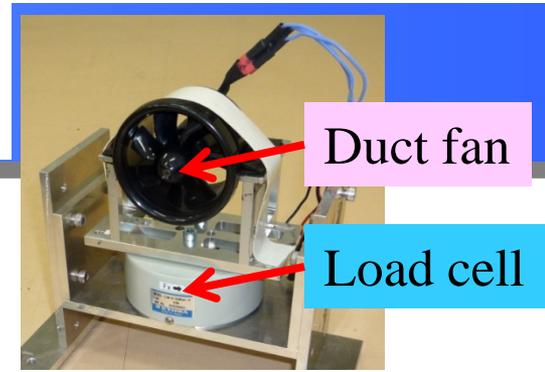


アンカー一点張力計測における 初期摩擦の除去

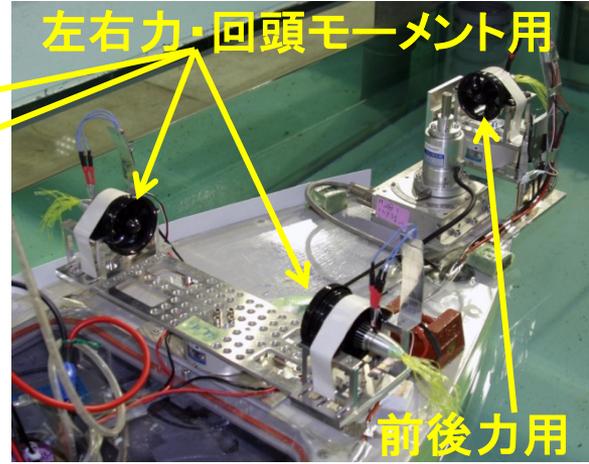
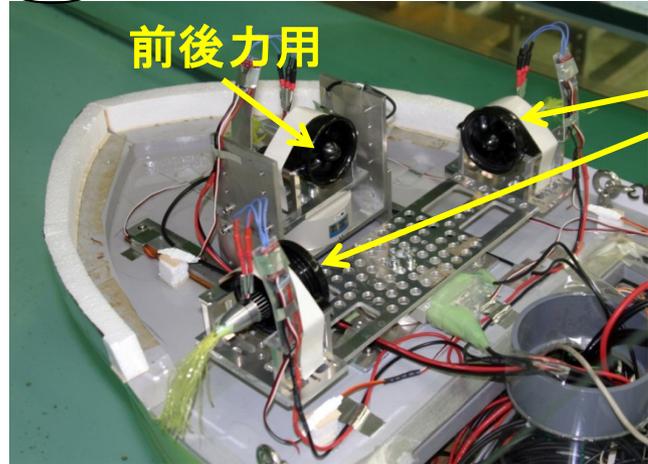
- 毎計測前に錨鎖方向を整え
ロードセル接続部の錨鎖を緩める

風環境の実現：風荷重模擬装置*

- ・ダクトファンによる仮想風荷重
- ・加速度計による慣性力の補正
- ・船速・船首方位・斜航に応じた制御



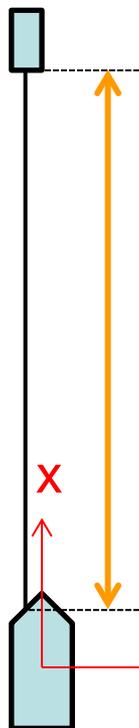
● ◻ :ダクトファン
● :検力計
+ - :加速度計
← ↑ :ファン力の向き



* Wind loads simulator for free-running model ship test, OMAE, 2017, Tsukada, Suzuki & Ueno.

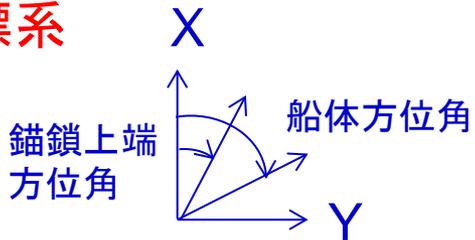
単錨泊

アンカー一点
分力計
No.1



錨鎖水平距離
5000, 8000mm

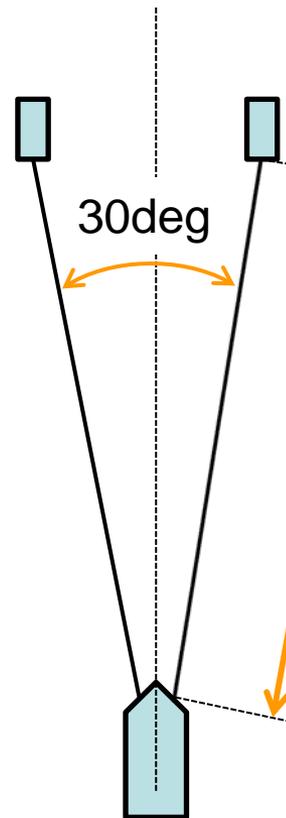
船体固定
座標系



空間固定座標系

双錨泊

分力計
No.1



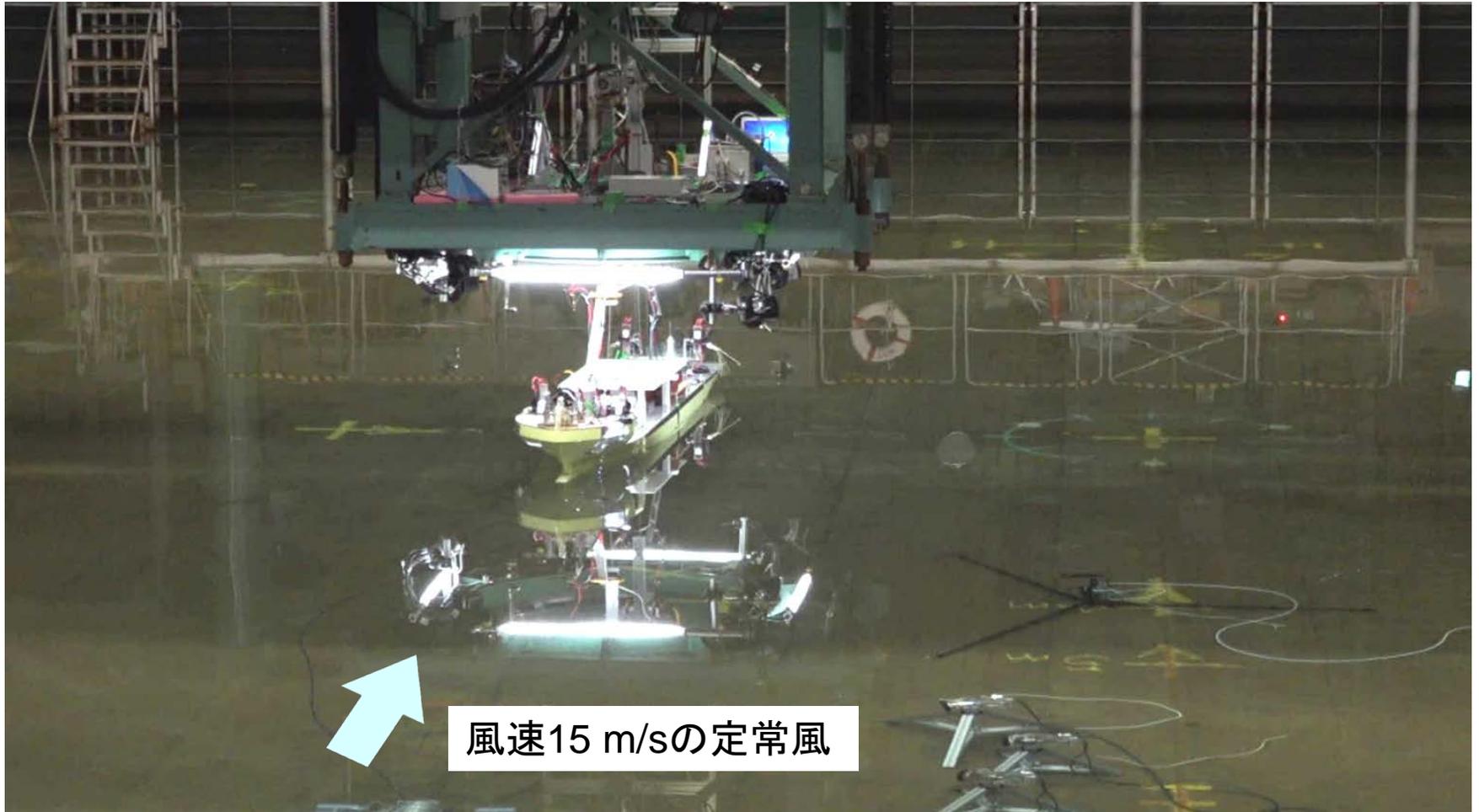
分力計
No.2

錨鎖
水平距離
5000mm

2. 実験状況ビデオの紹介

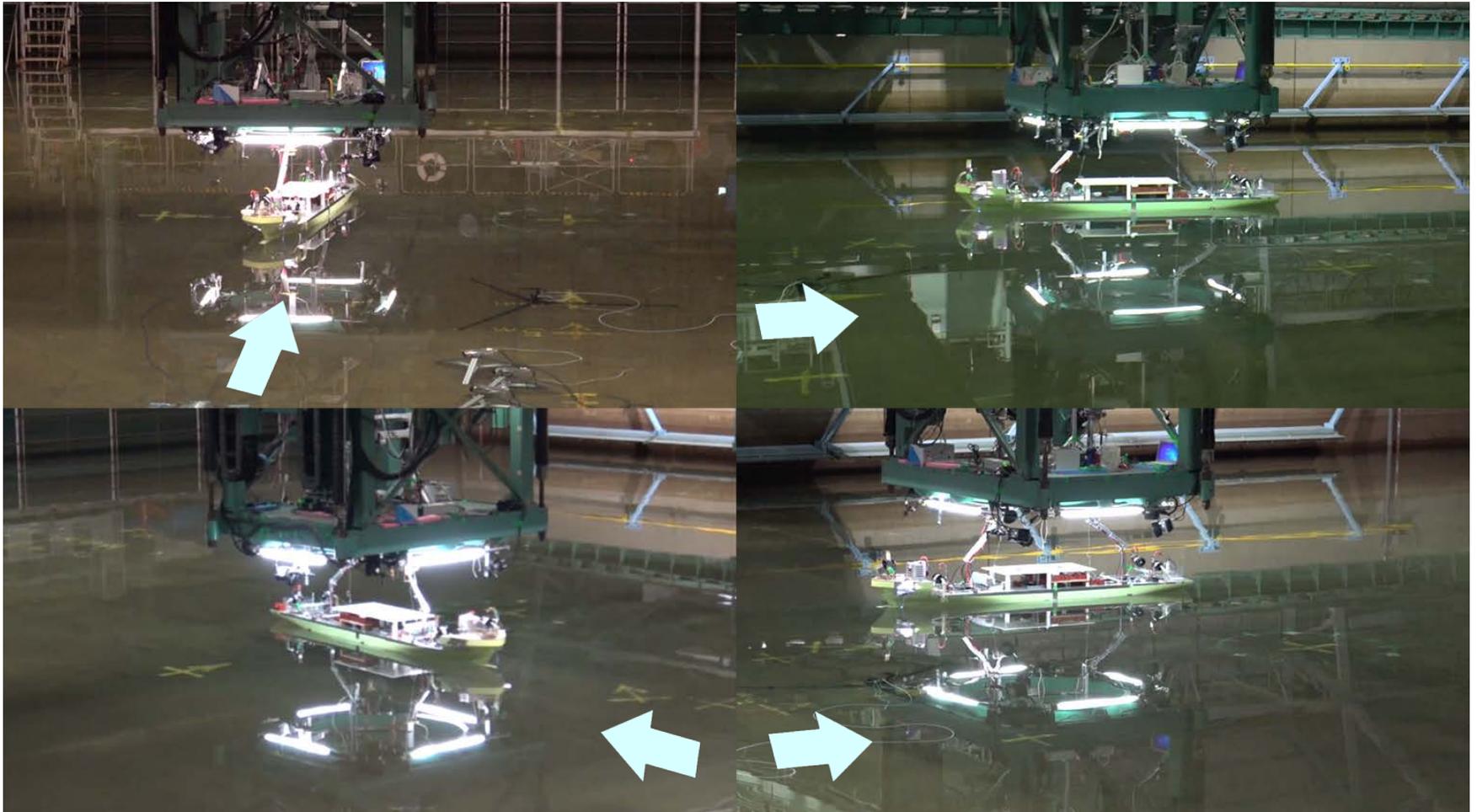
- 外力条件（風のみ，波・風併存）による
振れ回り運動の違い
- 船型（フェリー，タンカー）による
振れ回り運動の違い

風による振れ回り運動



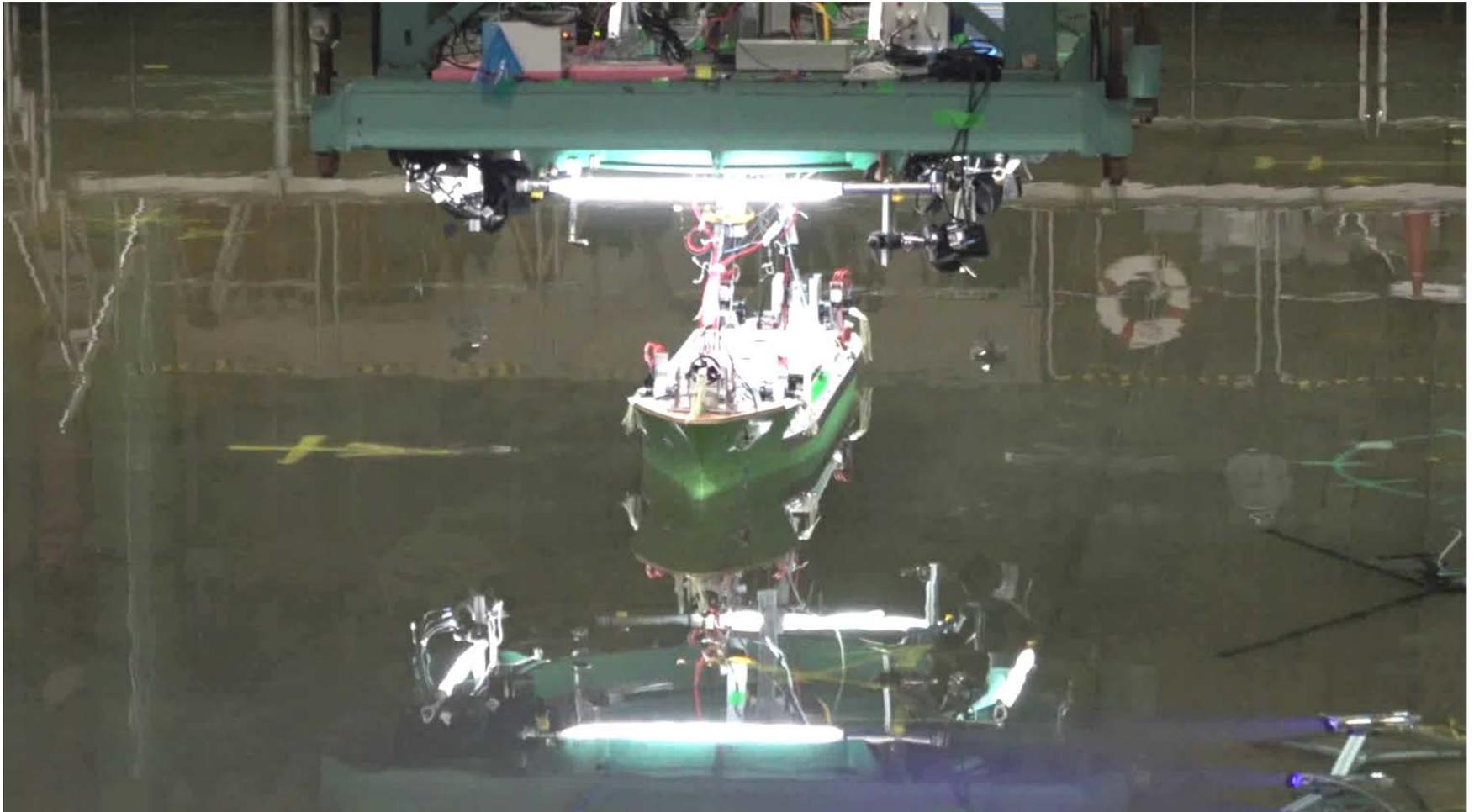
風による振れ回り運動(フェリー模型, 2倍速再生)
 単錨泊(3d+108 m相当), 風速 15m/s相当

実験状況ビデオの紹介 ①-2



風による振れ回り運動(フェリー模型, 3倍速再生)
 単錨泊(3d+108 m相当)、風速 15 m/s相当

風と波による振れ回り運動



風波による振れ回り運動(タンカー模型, 2倍速再生), 単錨泊(3d+90 m相当)
 風速 20 m/s相当, 波高 1.8 m, 波周期 4.6 秒, 波長船長比 0.4

船型による振れ回り運動の違い

実験状況ビデオの紹介 ③-1



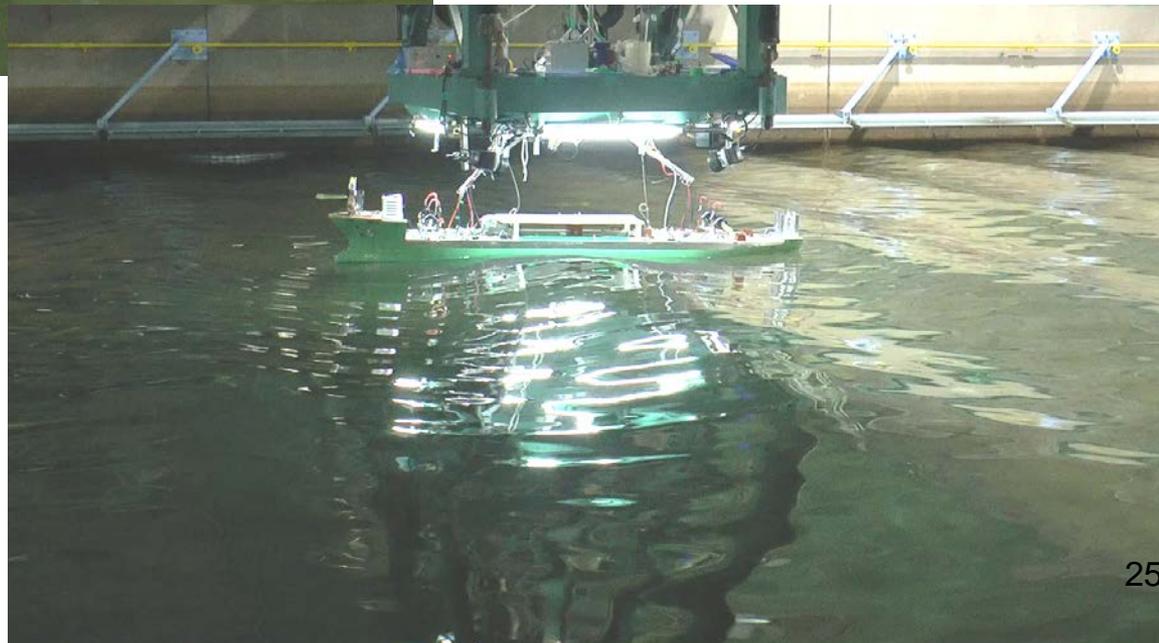
フェリー模型

単錨泊 (3d+108 m相当)

風速 15 m/s相当

波高 1.6 m, 波周期 8.2 秒

波長船長比 1.04



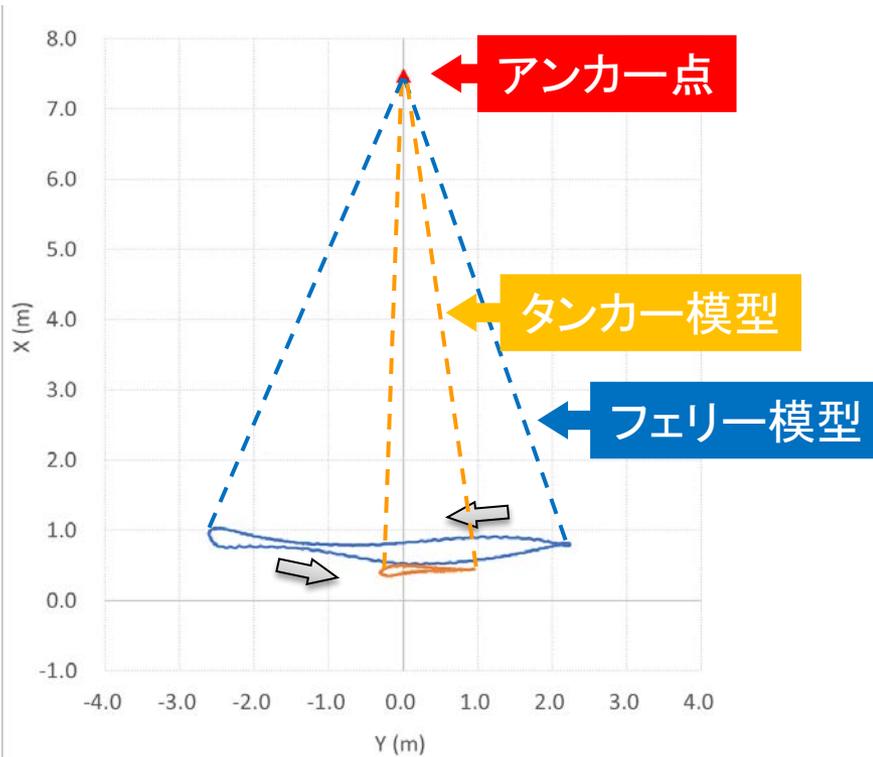
タンカー模型

単錨泊 (3d+90 m相当)

風速 15 m/s相当

波高 1.8 m, 波周期 6.6 秒

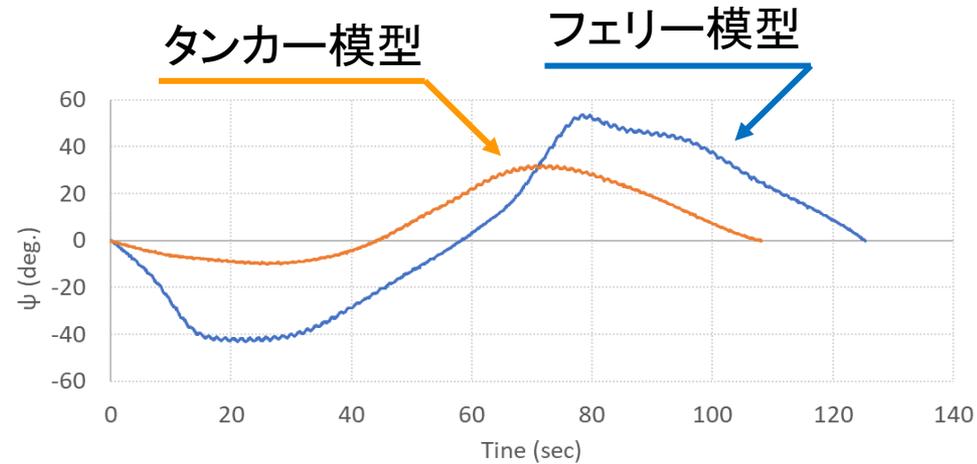
波長船長比 0.79



航跡の比較

ほぼ同一の外力条件の場合、フェリー船型の方が振れ回り易いことが確認された。

振れ回り運動の周期は、航跡ほどの違いが無いことが確認された。



船首方位の比較

3. 計測データの説明

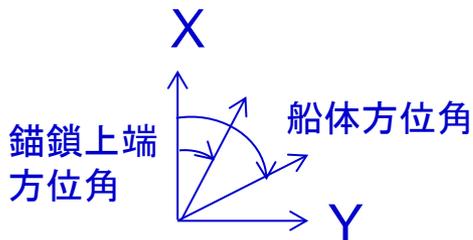
- 模型船の挙動と錨鎖の状況，錨位置での張力の関連（単錨泊，双錨泊）

模型船の挙動と錨鎖の状況、錨位置での張力

単錨泊(タンカー)

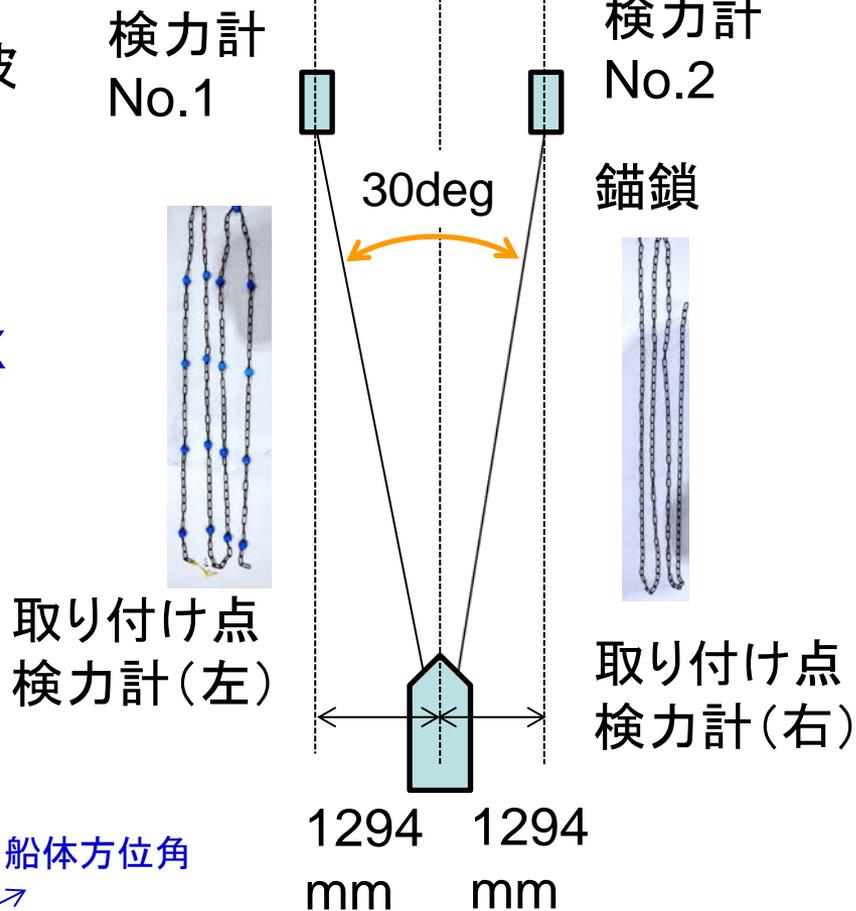


風+波



空間固定座標系

双錨泊(タンカー)



解析ケース

試験番号	t6052(単錨泊), t6085(双錨泊)
波種類	規則波
波高	6.10cm(実機換算1.83m)
波周期	0.847sec(実機換算4.64sec)
波向き	180deg(向波)
風速	実機換算20.0m/s
風向	180deg(向風)
計測時間	振れ回り運動4周期分
サンプリング周波数	20Hz
錨鎖長	6.0m(3d+90)(実機換算180m)
水深	1.0m(実機換算30m)
初期方位角	0deg(風波に立てる状態)

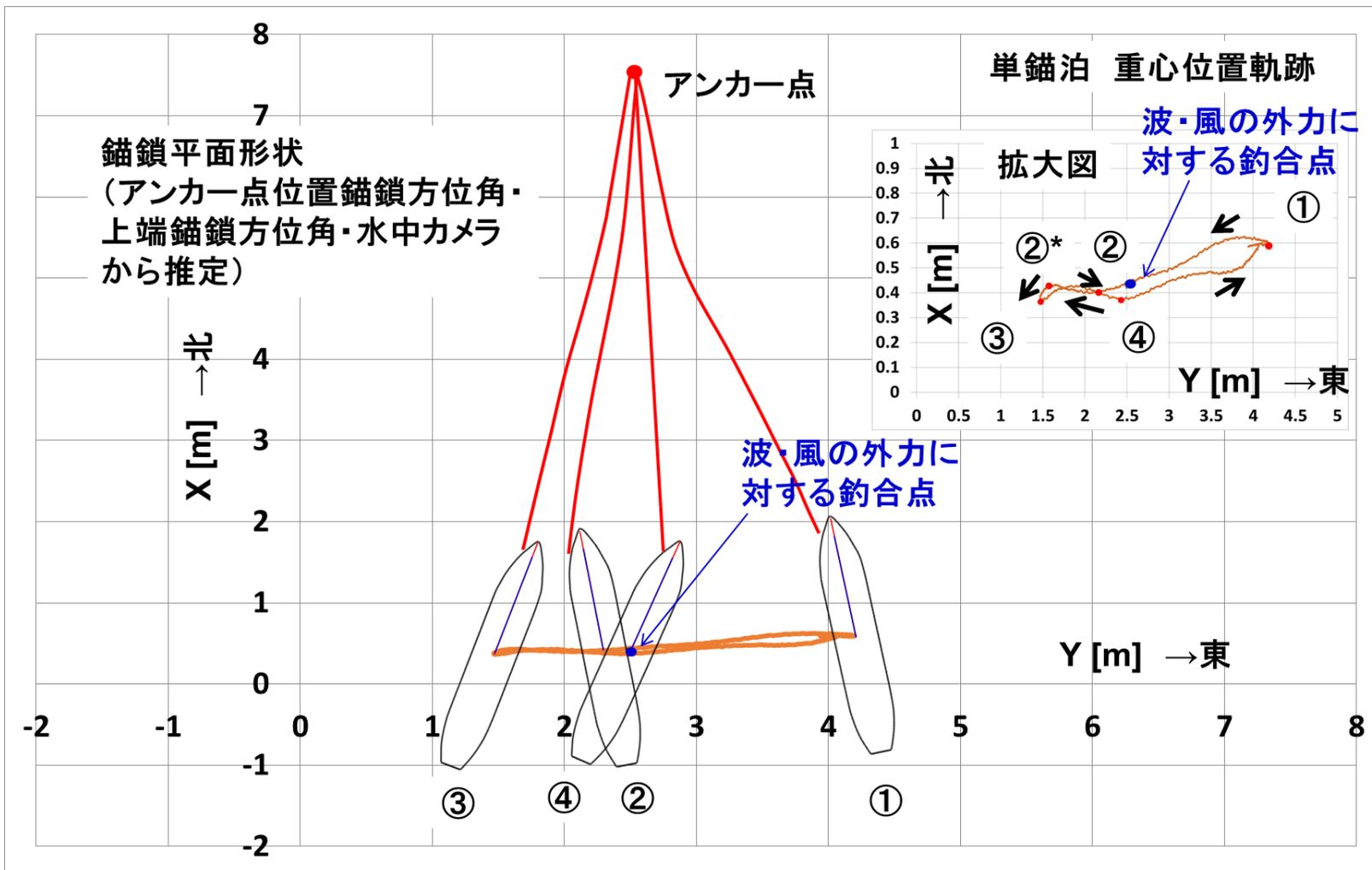
単錨泊



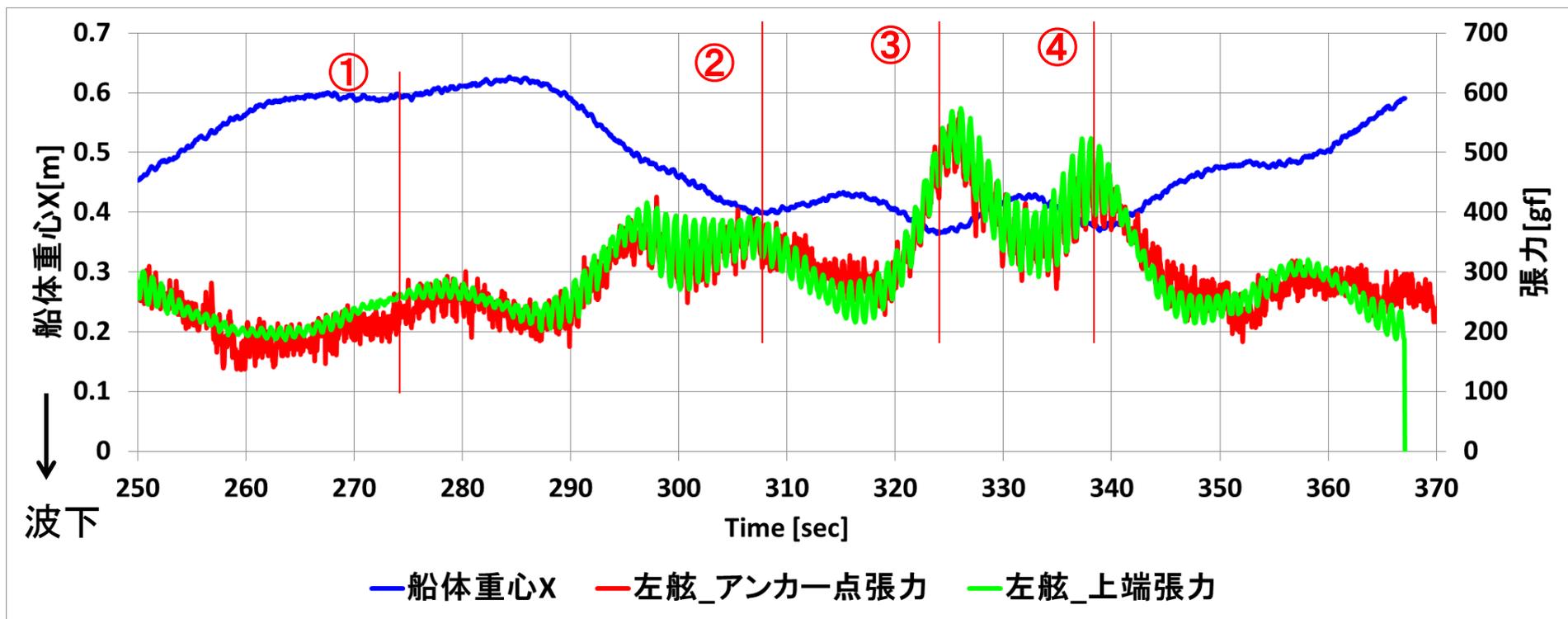
双錨泊



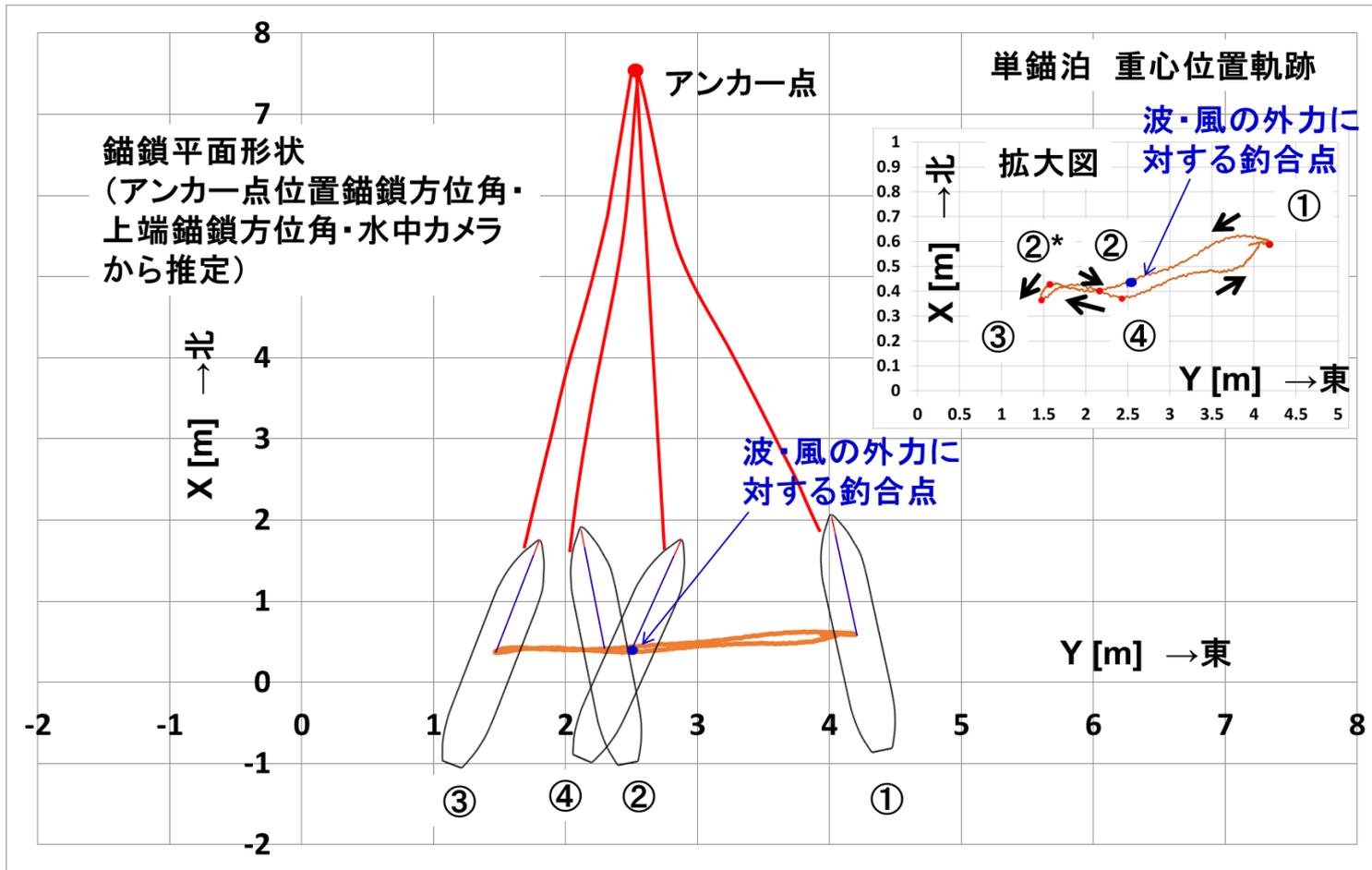
振れ回り運動・走錨の判定にも使用可能な錨鎖上端部張力に注目し解析した



単錨泊

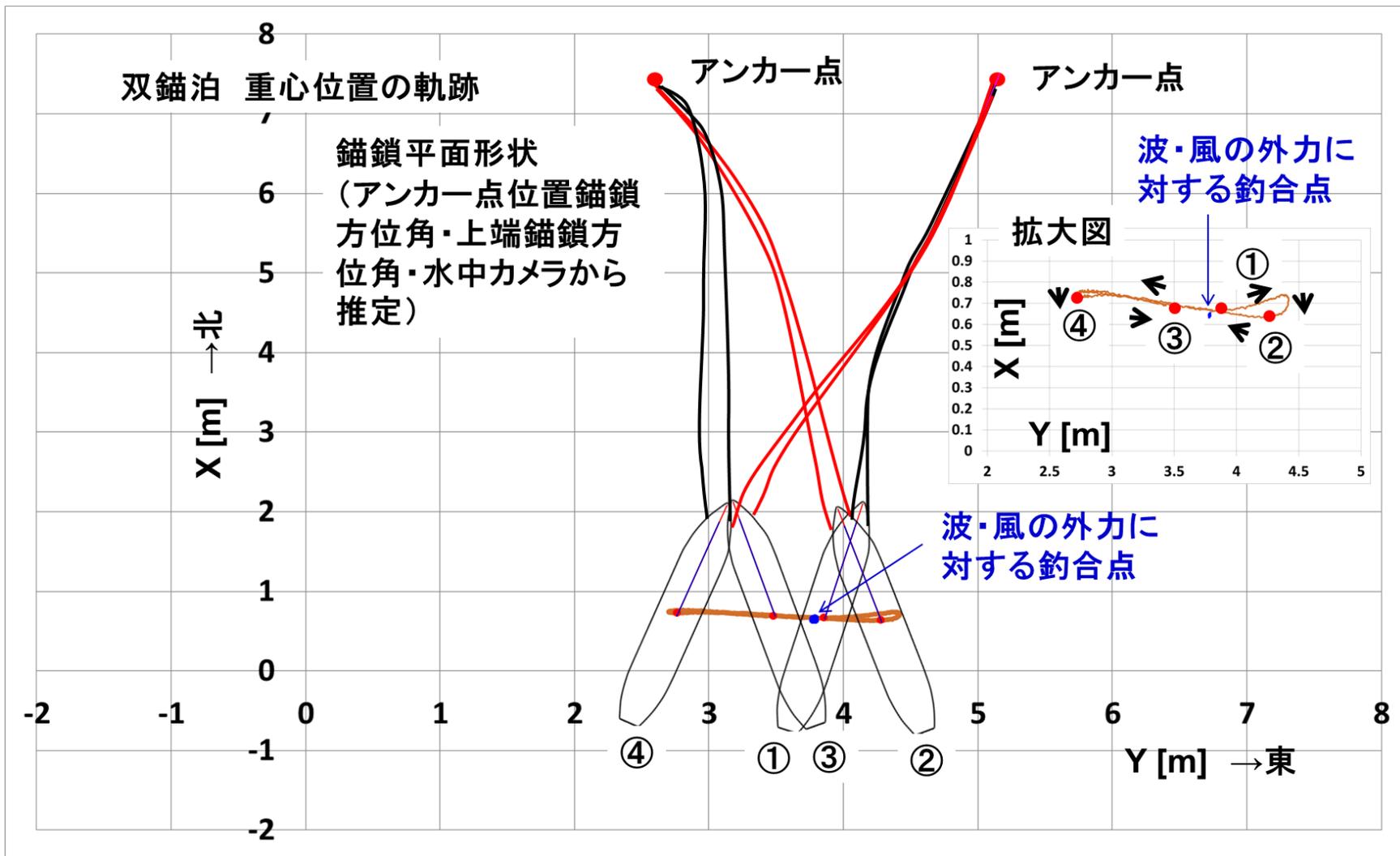


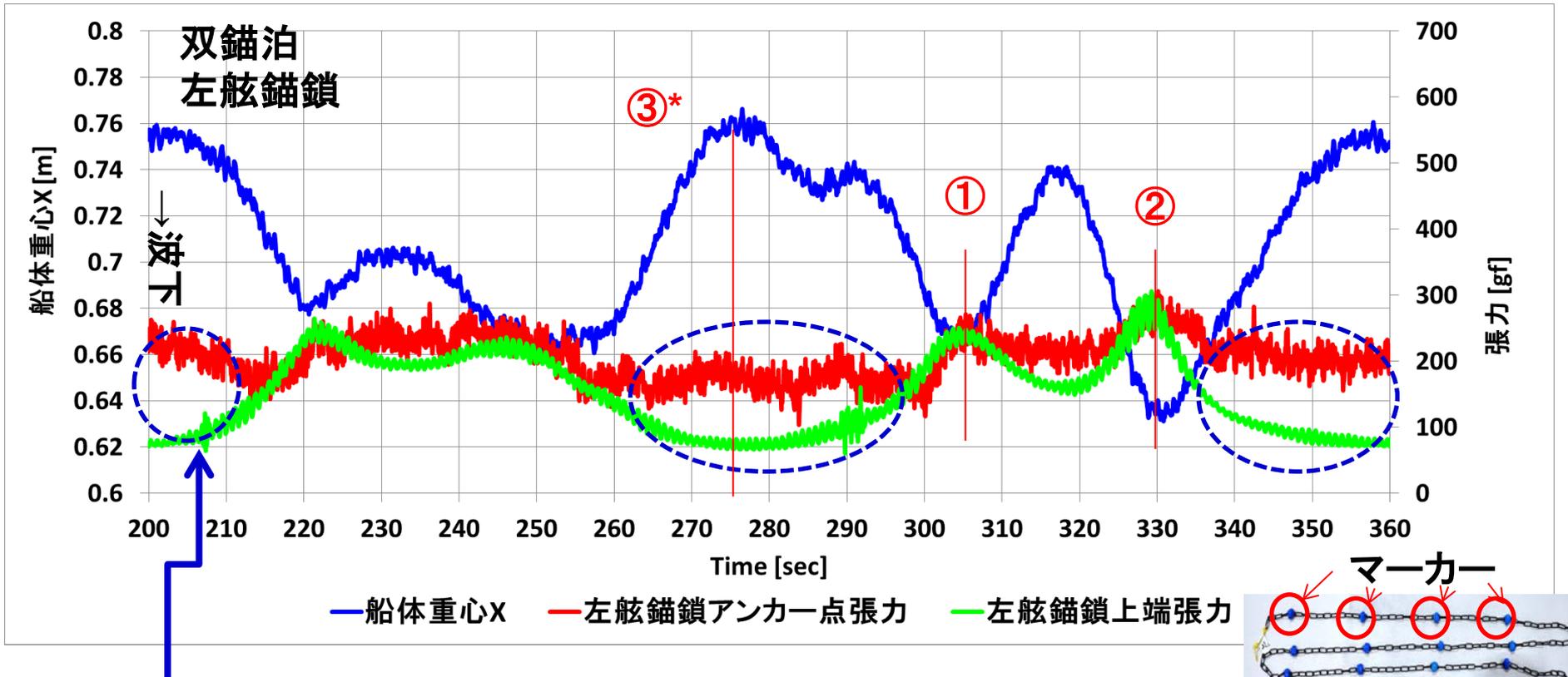
張力のピーク①~④は船体重心のX方向の変化に対応している



張力の増加/X方向の変位は i 振れ回りの端部、ii 外力釣り合い点周辺で発生する事を確認

- i の発生要因は振り子運動の遠心力が最小になり、錨鎖が一旦緩み、その状態で定常荷重を受けるためと考えられる
- ii の発生要因は振り子運動の遠心力が最大になり、同力により変位するためと考えられる

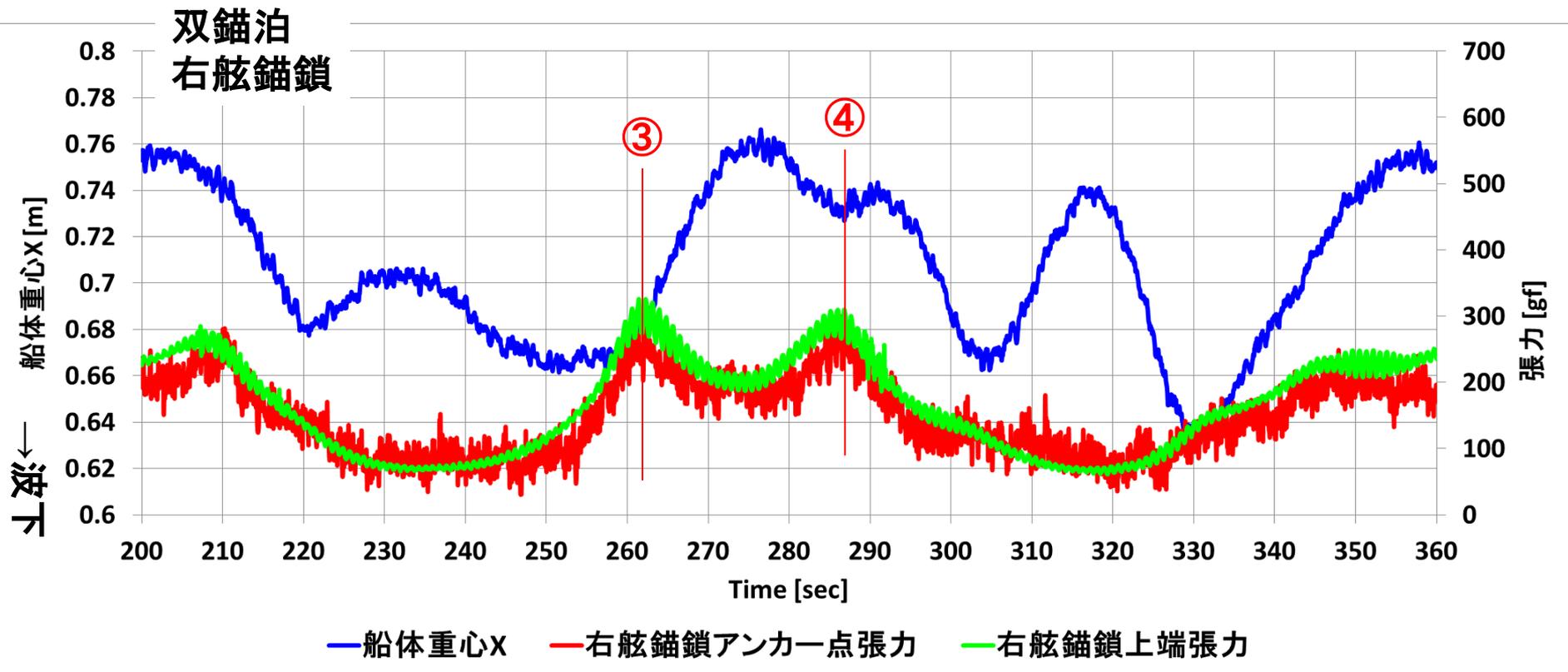




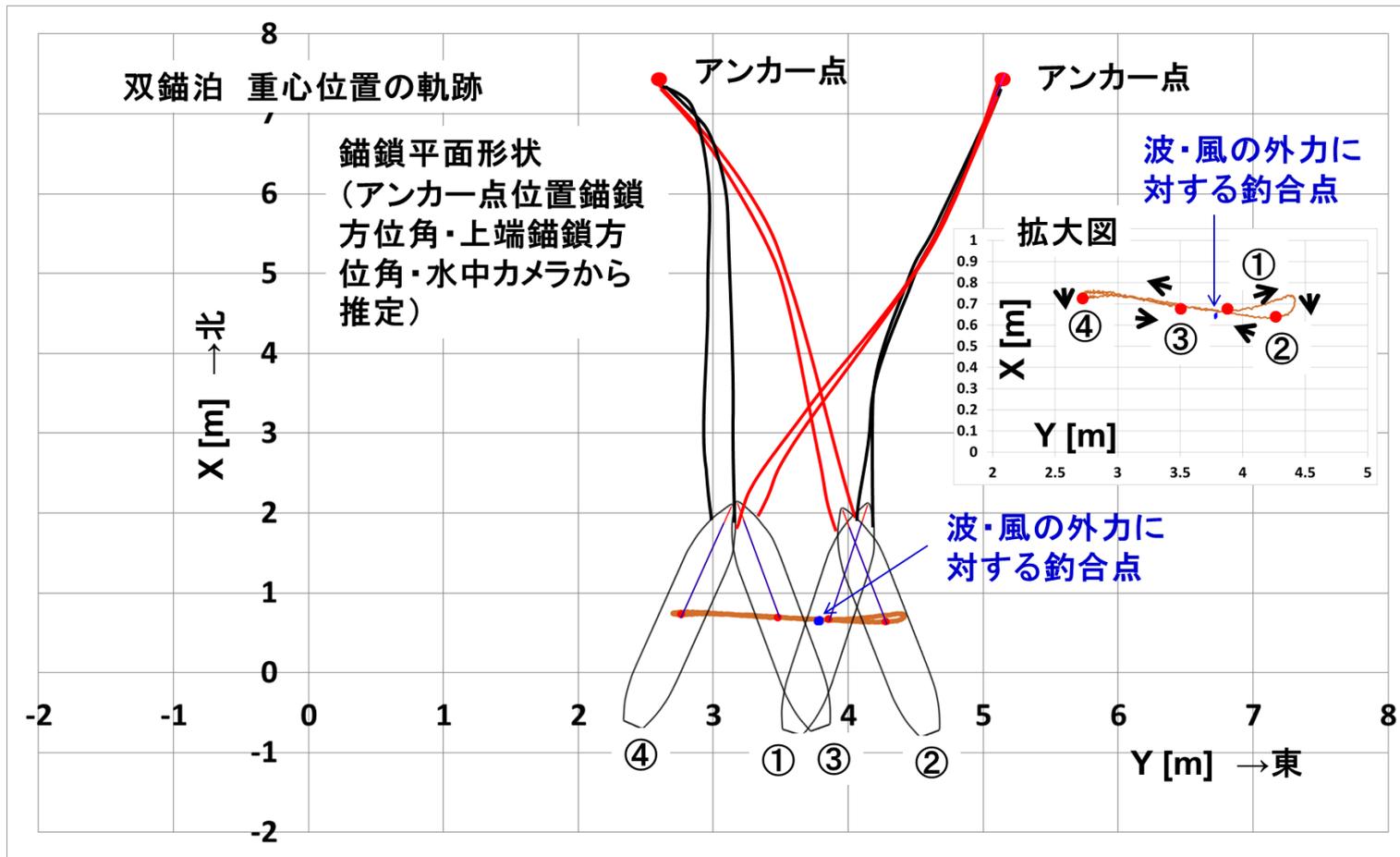
着底部が長く、マーカーにより静止摩擦係数も大きいため
 最大静止摩擦力 > 上端張力となり、錨鎖底部が張った状態で静止していると
 考えられる

③*のタイミングにて左舷錨鎖最大静止摩擦力=114gf

張力のピーク①, ②は船体重心のX方向の変化に対応している



張力のピーク③,④は船体重心のX方向の変化に対応している



単錨泊・双錨泊共に振れ回り運動のメカニズムは同じ

1錨鎖当たりの発生張力、変位、振れ回り範囲は双錨泊の方が小さい

波・風中の錨泊船の振れ回り運動に関する水槽実験

- ・施設の紹介, 実験の概要, 模型船・装置他の説明
- ・実験状況ビデオと計測データを用いた説明
 - ①外力条件, 船型による模型船の挙動の違い
 - ②模型船の挙動と錨鎖の状況、錨位置での張力の関連

取得したデータを用いた走錨の主要因とされている錨泊船の振れ回り運動の推定計算プログラムの検証, 改良

⇒船長等が自船の走錨危険性等を直接把握できるソフトウェアの完成に向け開発を継続