

平成26年6月25日
平成26年度(第14回)
海上技術安全研究所研究発表会

洋上出荷オペレーションシミュレータの開発と 出荷稼働性・安全性評価

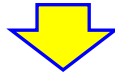
海洋開発系

湯川 和浩、石田 圭、佐藤 宏、加藤 俊司



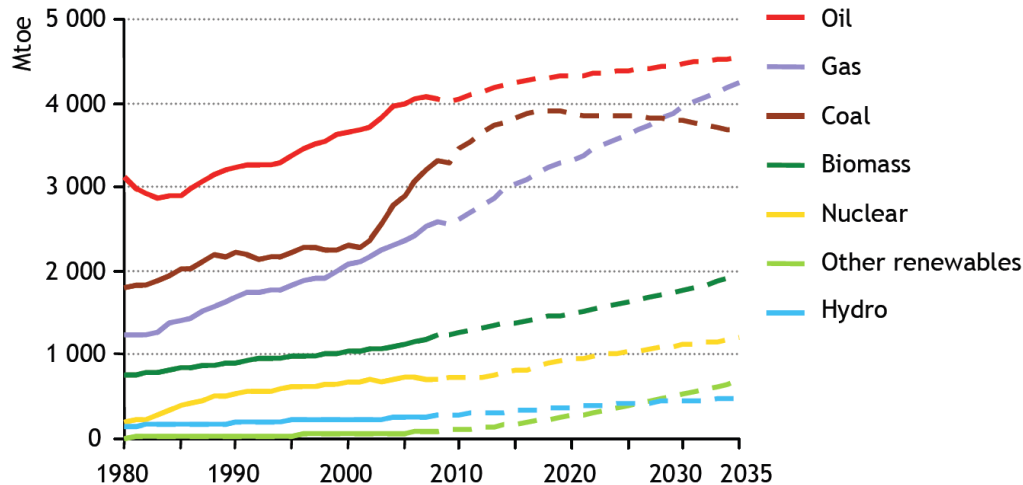
背景

- 増大するエネルギー需要への対応
- エネルギー基本計画(平成26年4月)
 - 天然ガスシフトの促進、天然ガスの高度利用
 - エネルギー自給率及び化石燃料の自主開発比率を倍増(2030年目標)



天然ガスの開発・利用促進が大きな選択肢

● 2035年 世界のエネルギー需要予測



(出典) World Energy Outlook 2011 (IEA)

● 洋上LNG生産設備(FLNG)の開発



背景

● 洋上LNG生産設備 (FLNG) の適用を検討している主なプロジェクト

プロジェクト/国	主な参画企業	予定処理能力 (年産百万トン)	現況
プレリユード/豪州	Shell	3.6	建造中
サラワク沖/マレーシア	Petronas	1.0	建造中
プレソフト/ブラジル	Petrobras	2.7	FEED完了
アバディ/インドネシア	INPEX/Shell	2.5	FEED
サバ沖/マレーシア	Petronas	1.5	FEED
ボナパルテ/豪州	GDF Suez/Santos	2.4	Pre-FEED
キャッシュメイプル/豪州	PTTEP	2.0	Pre-FEED
スカボロー/豪州	ExxonMobil/BHP Billiton	6~7	Pre-FEED
グレーターサンライズ/豪州	Woodside/Shell	4.0	Pre-FEED
ブラウズ/豪州	Woodside/Shell	4.0×3	Pre-FEED

(出典) 石油・天然ガスレビュー 2013.11 Vol.47 No.6

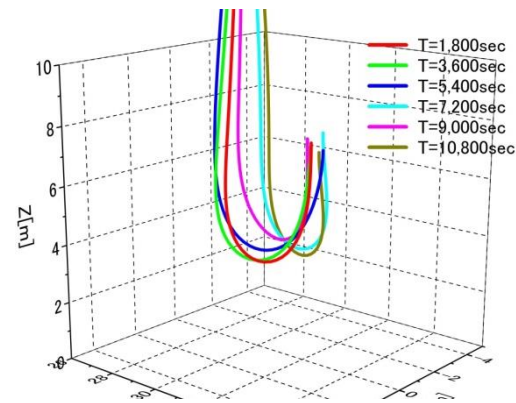
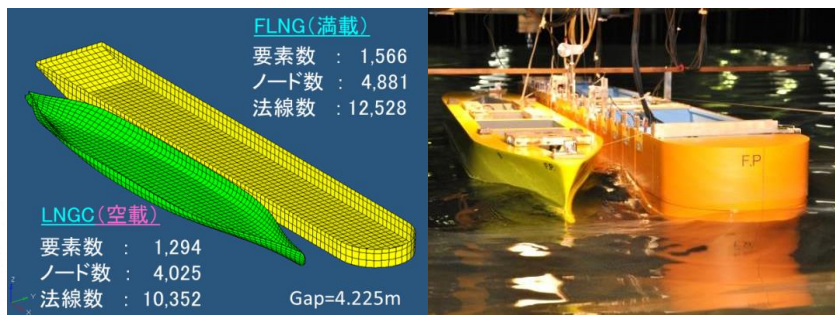
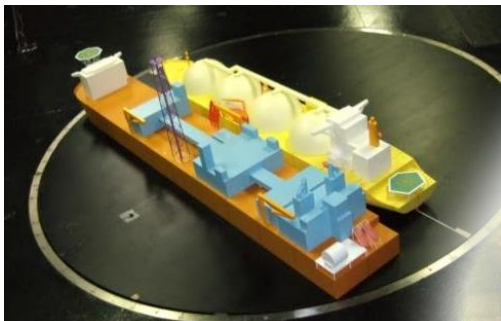
- LNGの受け入れ、将来的には天然ガス燃料船への燃料補給など、洋上でのLNG移送オペレーションに対する**安全性/稼働性評価**が重要。
- 国内においてLNG移送の**RAM (Reliability, Availability, Maintainability)**解析が実施可能となる基盤技術の確立が重要



シミュレータ開発を取り巻く要素技術

● 流体力の相互干渉を考慮した2船体動揺の推定

● 遮蔽影響を考慮した環境外力の推定

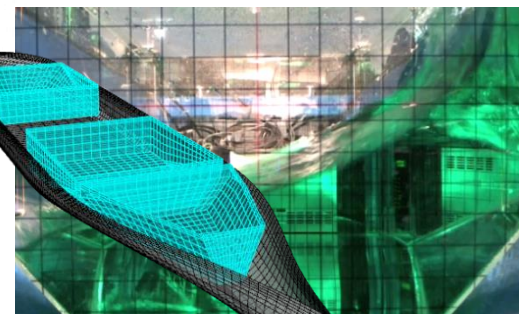


● 2船間Gap内の水位上昇評価

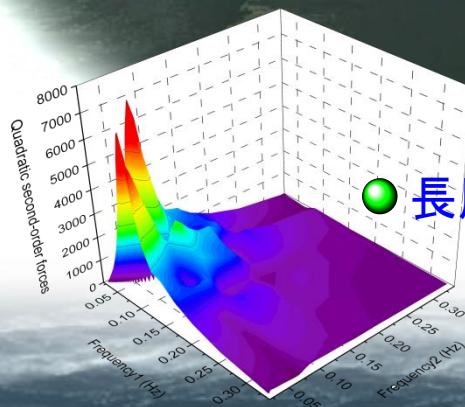
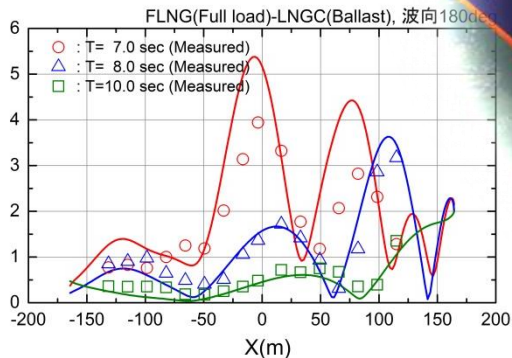


● LNG移送ホースの挙動評価

● タンク内遊動水の影響評価



洋上出荷オペレーション シミュレータの開発



● 長周期Rollの影響評価



洋上出荷オペレーションシミュレータの開発

- 洋上出荷オペレーションシミュレータ

- Tandem出荷

- 2浮体、タレット係留システム、フローティングホース、ホーサー係船索、シャトル船のアスターンを考慮した一体解析

- Side-by-Side出荷

- 沖合や岸壁等に係船された2船体、係留システム、フェンダー、出荷装置(ホース/ローディングアーム)を考慮した一体解析



- 苫小牧東港における国内初のLNG移送事業(JAPEX)

- ホースによるLNG移送の安全性評価を実施(平成23年度)

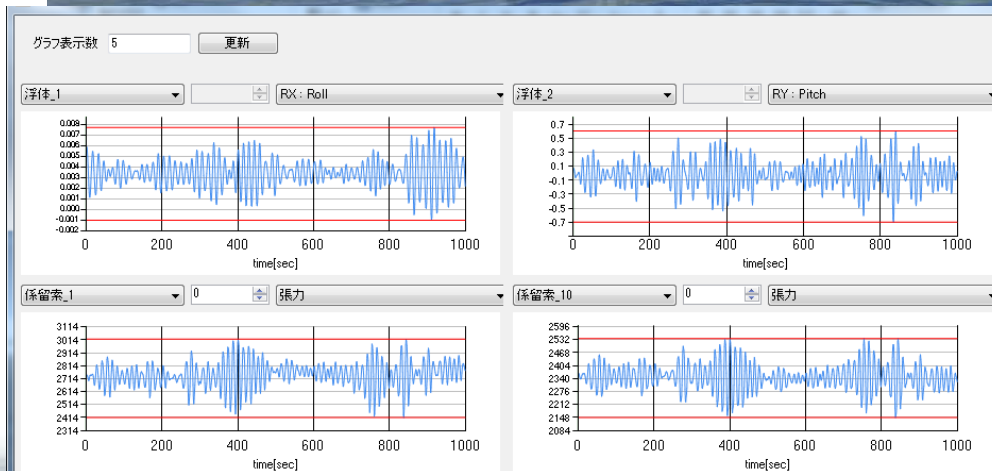
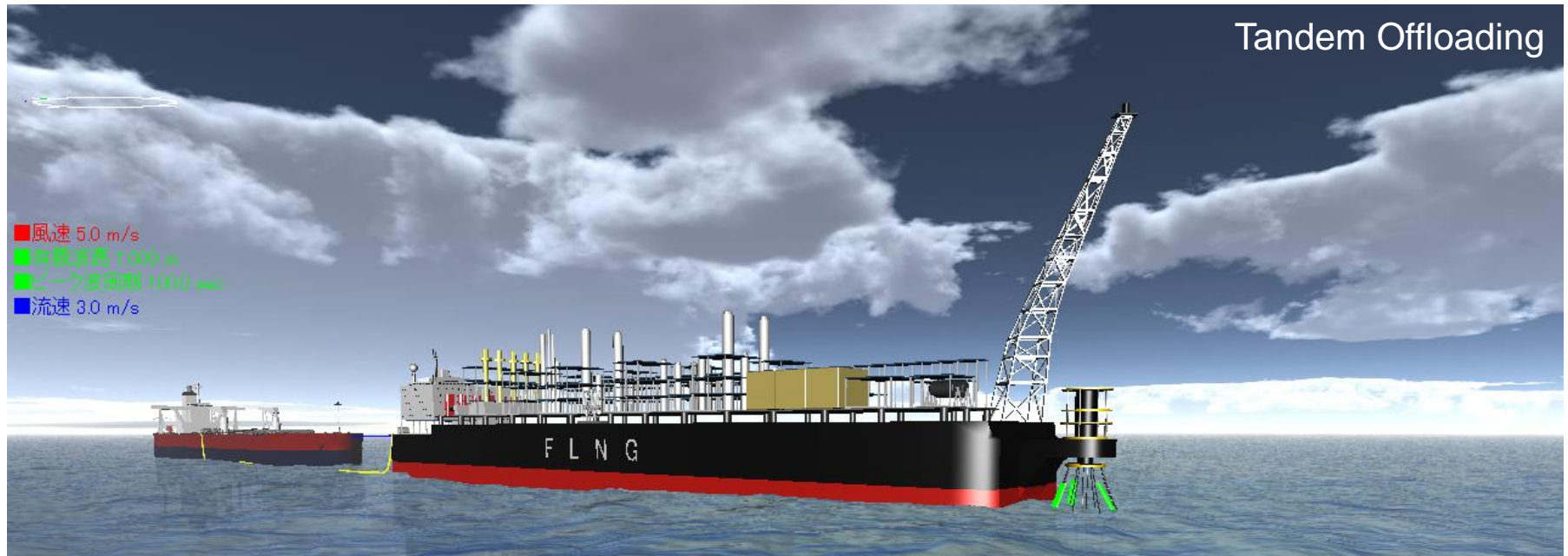
- 天然ガス燃料船に関する総合対策事業(国土交通省)

- Ship-to-Ship方式によるLNGバンカリングのガイドライン策定に向けた技術検討を実施(平成24年度予算事業)



洋上出荷オペレーションシミュレータの開発

● 3Dビューアーと時系列グラフ表示

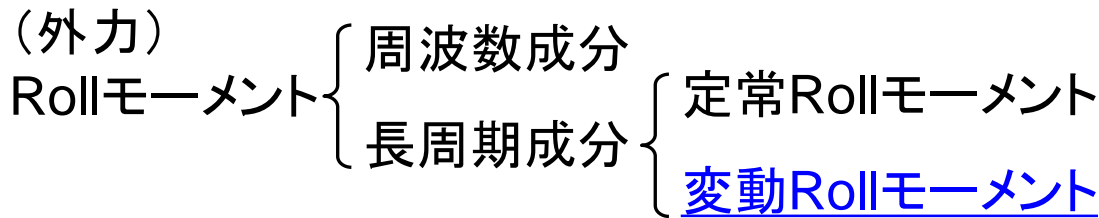


① 長周期Rollの影響評価

● FLNGの横波中Roll応答

(4本の線形ばねで係留した場合)

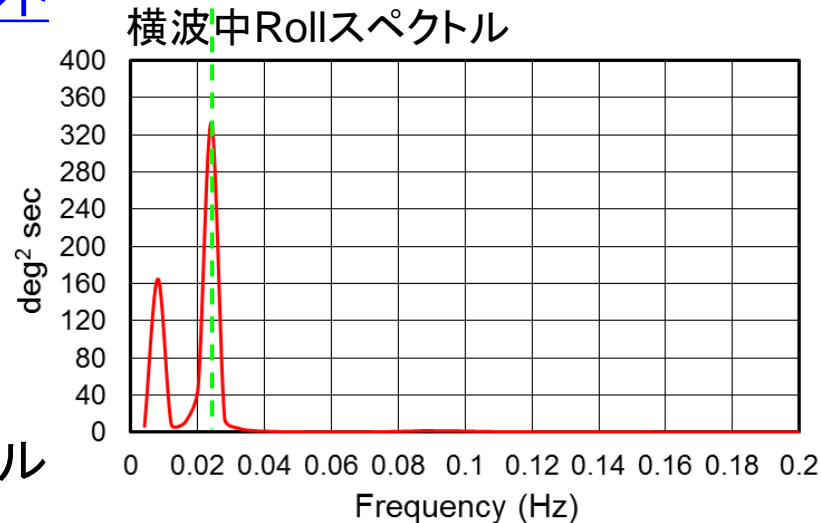
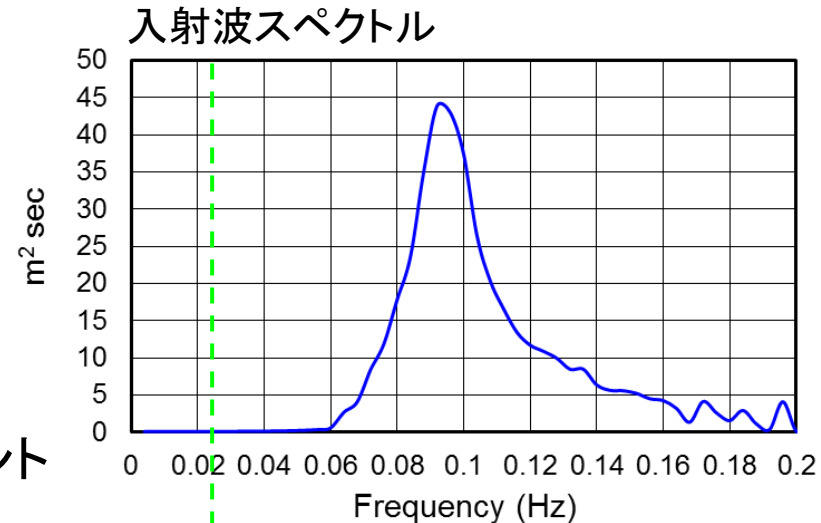
- 入射波スペクトルとRollスペクトルでピーク周期が異なる



長周期Rollの主要元

● 長周期の変動Rollモーメント解析法

- QTF (2成分波による長周期変動Rollモーメントの応答関数)と入射波スペクトルの重畳積分によりスペクトルを算出



① 長周期Rollの影響評価

● QTFの解析法

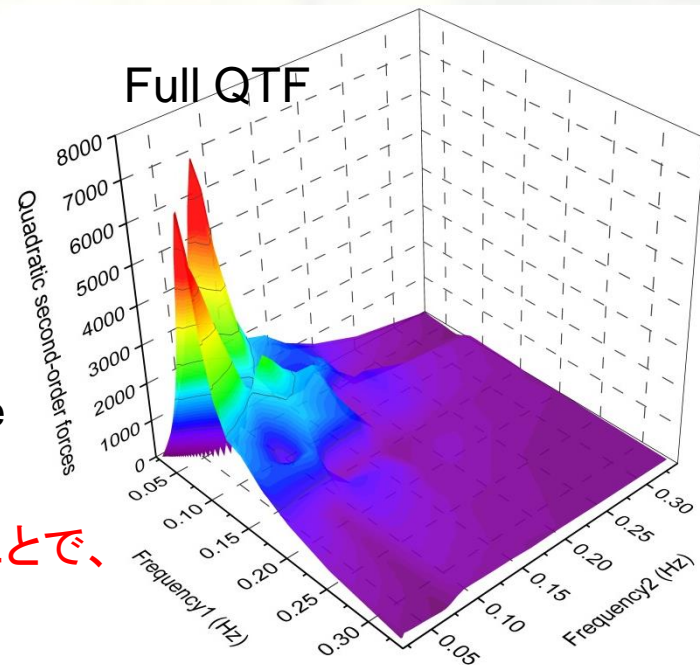
● Newman近似法

1成分波の波漂流モーメントの平均処理から、
長周期の変動RollモーメントQTFを近似

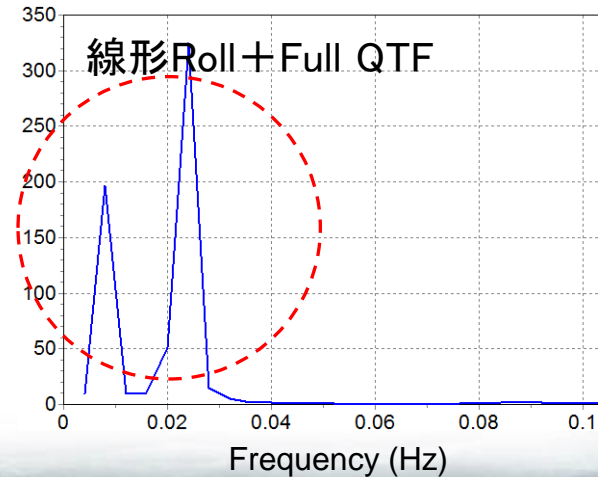
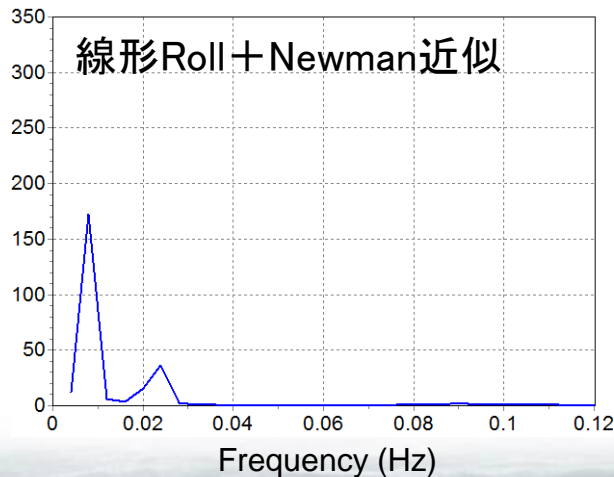
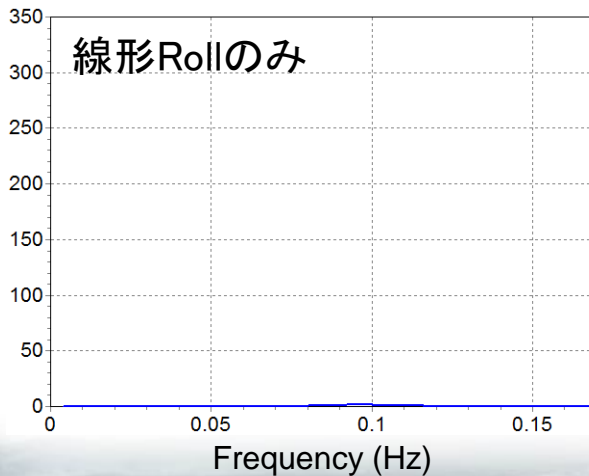
● Full QTF法

2成分波の差の2次波圧から、Near field法あるいはMiddle field法により長周期の変動RollモーメントQTFを算出

Full QTF法による長周期Rollモーメントを考慮することで、
長周期Rollを過大・安全側に評価可能



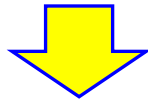
横波中のRollスペクトル比較



② タンク内遊動水が船体動揺に及ぼす影響

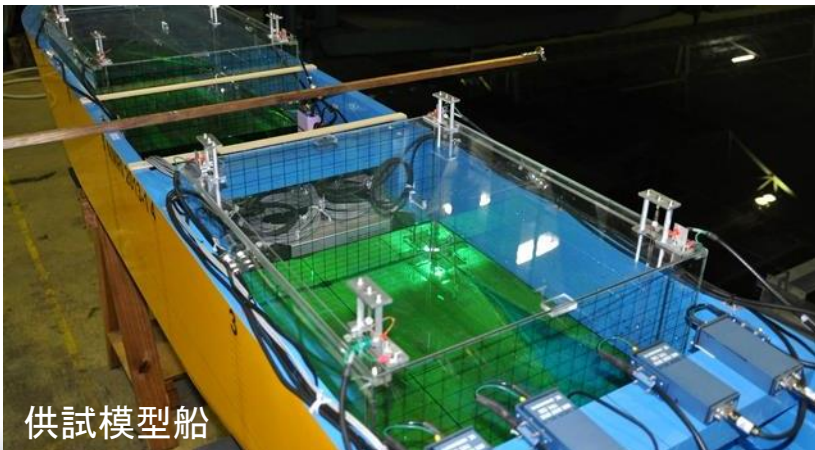
- FLNG や天然ガス燃料船導入の実現
 - Ship-to-Ship方式によるLNG 移送のニーズ増大
 - 船内には容積の大きなLNG貯蔵タンクが存在

2船のタンク内遊動水が船体動揺に及ぼす影響

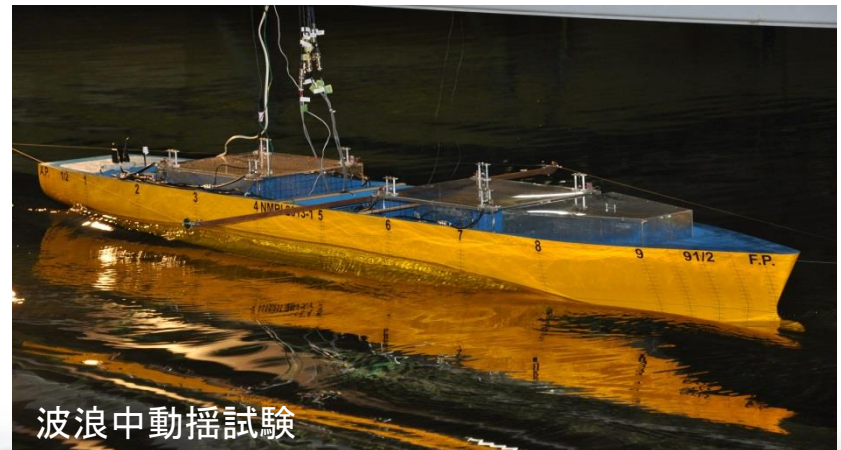


沖合荷役時の安全性/稼働性評価の中で重要な評価項目

- 波高計付きタンクを搭載した縮尺1/90のメンブレン型LNG船模型を対象として、船体動揺とタンク内水位変化を計測



供試模型船



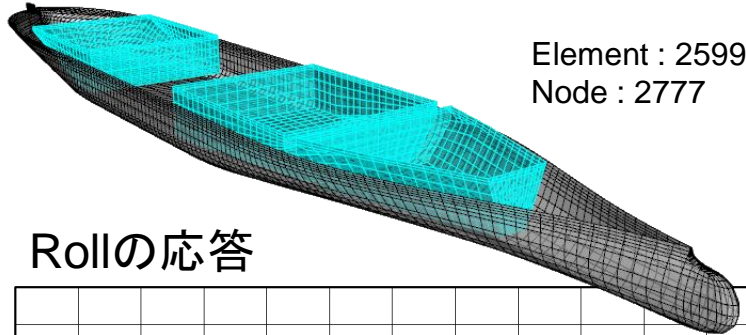
波浪中動揺試験



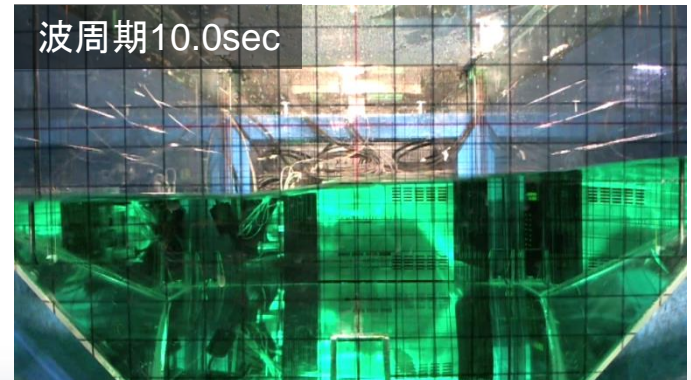
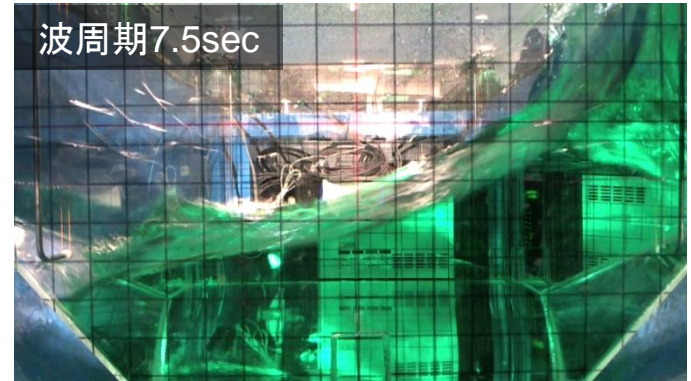
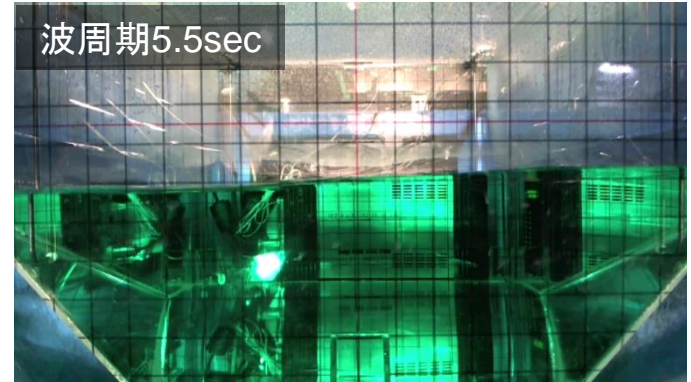
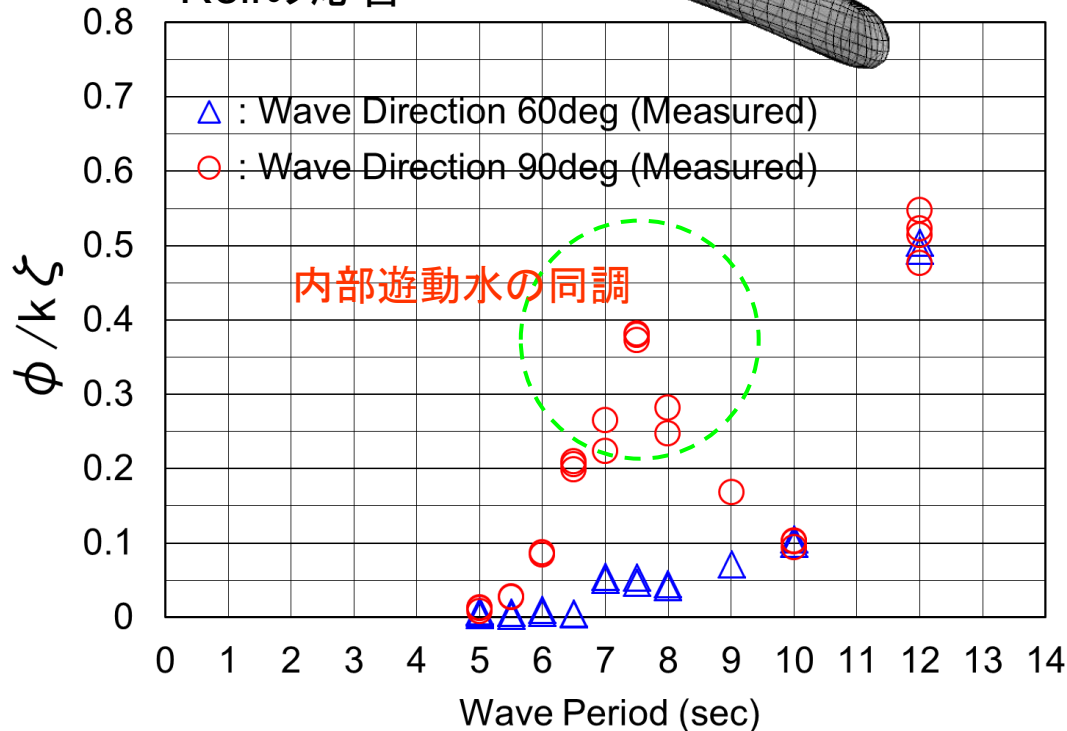
② タンク内遊動水が船体動揺に及ぼす影響

● 波浪中動揺試験による検証

パネル法に基づく解析ツール「WAMIT」による推定



Rollの応答



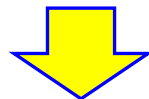
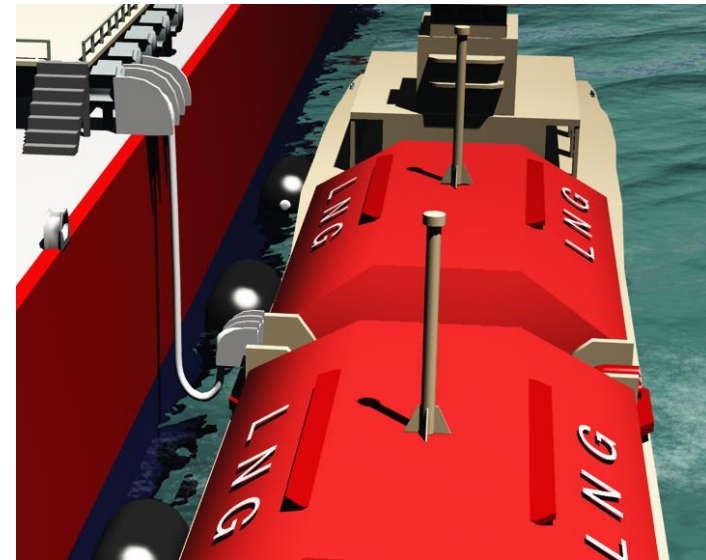
③ 2船間Gap内の水位上昇評価

- Gap内の水位上昇現象

波が狭水路に入射してくると、水路内水柱の同調現象により水位が上昇

- Side-by-Side係船された2船間の場合

上記の現象に加えて2船体の運動(特にSwayとRoll)の影響により、入射波振幅の数倍に相当する水位上昇が発生



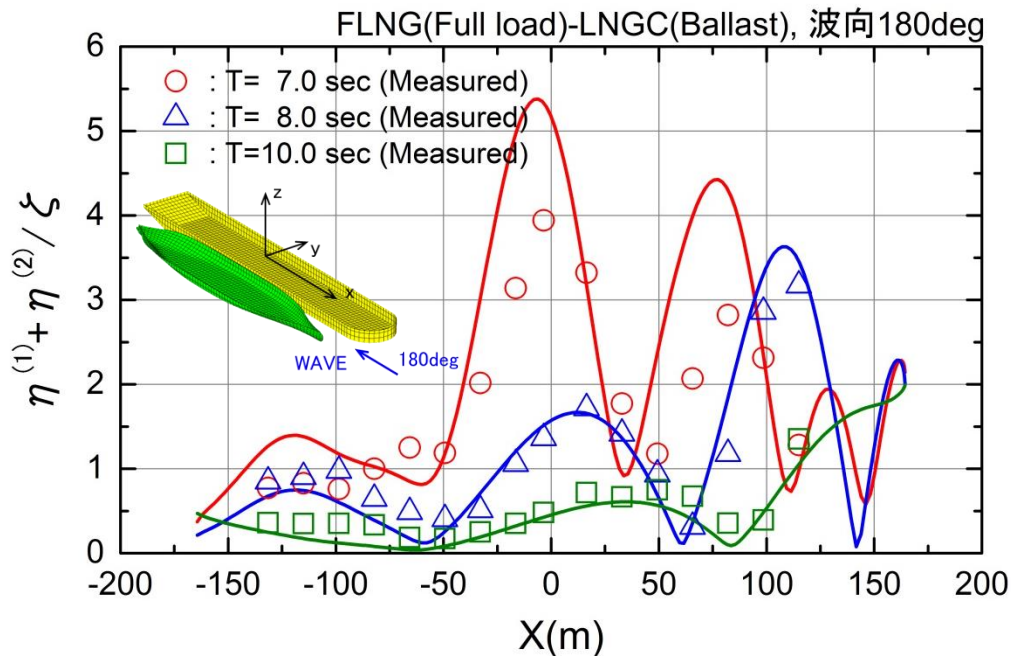
Ship-to-Ship方式でフレキシブルホースを用いてLNG移送を行う場合、以下の可能性を評価するため、Gap内における水位上昇量を評価する必要あり

- 海水面とLNG移送ホースとの接触の危険性
- Gap内の水位上昇により空気式フェンダーが乾舷を超える危険性



③ 2船間Gap内の水位上昇評価

● 境界要素法に基づく推定手法の導入



● Gapレゾナンス評価試験



● 2船の相対動揺を考慮したGAPレゾナンスの評価が可能

● 舷側の摩擦等による水位上昇の減衰を考慮したモデルの構築が今後の課題



容量式波高計×16基

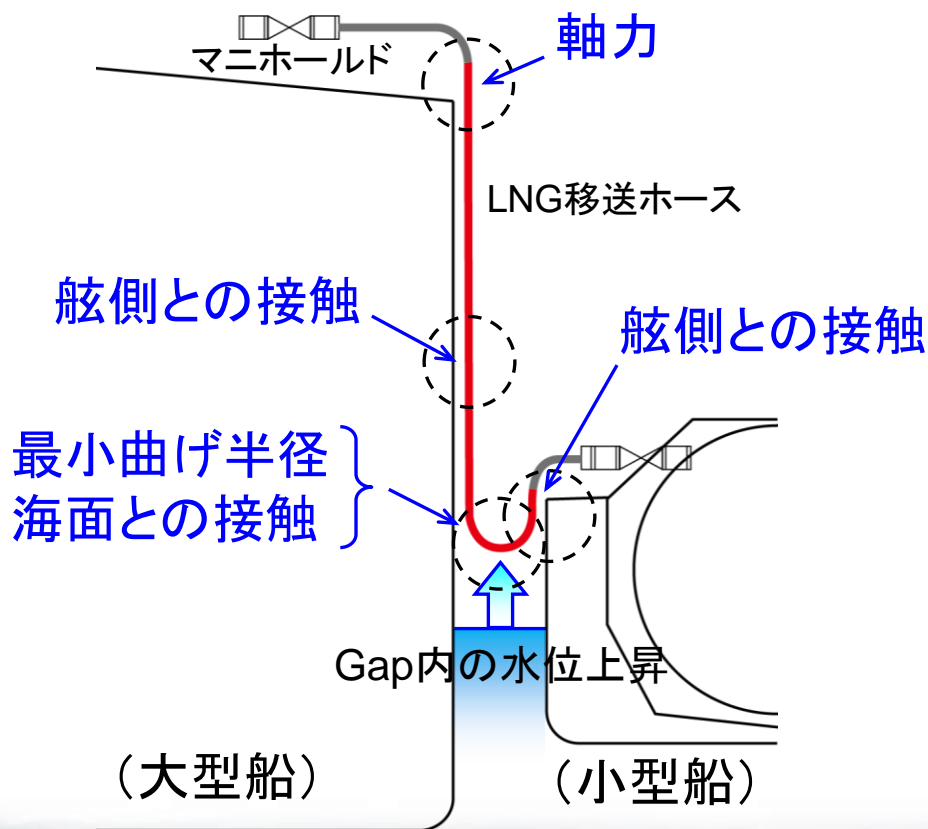


フェンダー×2基



④ LNG移送ホースの挙動評価

- 大型-小型船間では、長いエアリアルホースを使用したLNG移送が必要
- 安全性の評価項目



国内初の船舶間LNG移送事業

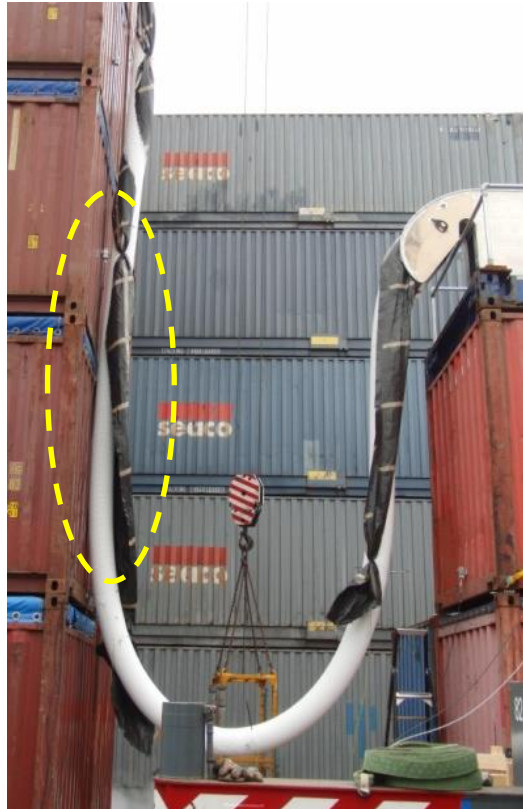
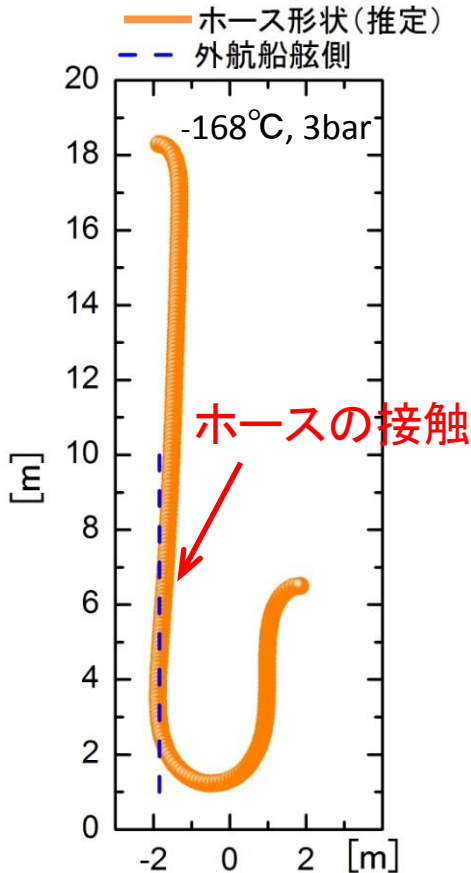


天然ガス燃料船へのバンカリング



④ LNG移送ホースの挙動評価

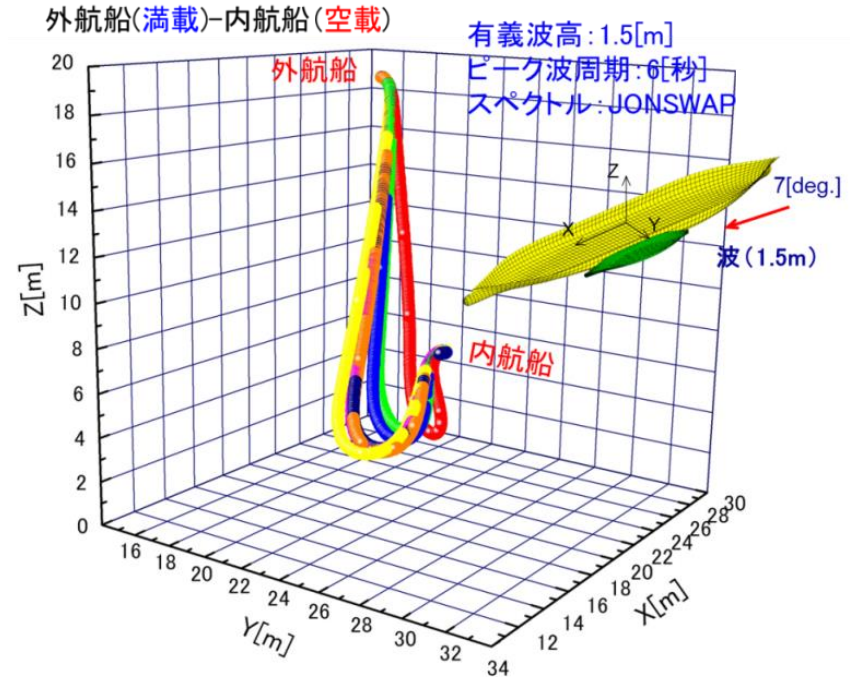
● 静的釣り合い評価(形状比較)



実機ホースを用いたバランス試験との比較

● 動的挙動評価

有限要素法に基づく解析ツール「Riflex」を用いた計算結果

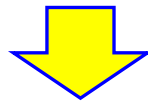


- 2船の運動に起因する移送ホースの挙動解析が可能
- 舷側や海面との接触、曲率、端部荷重の面から安全性を評価



今後の研究課題

- Side-by-Side Offloadingに対するRAM (Reliability, Availability, Maintainability) 解析の基盤技術となるAvailability解析技術を開発
- 2船体動揺解析に基づく出荷クライテリア解析技術の検討
 - (1) 10年間3時間毎の連続環境条件データの作成、対象船の諸元設定
 - (2) 出荷オペレーションシミュレータを使用して上記データに対し3時間シミュレーションを実施
 - (3) 接舷・出荷・離舷クライテリアに基づき出荷ダウンタイム評価
- LNG貯蔵インベントリ解析技術の検討
年間ダウンタイム評価に基づくLNG出荷のAvailability評価



LNG出荷のAvailability解析が実施可能となる体系の構築



まとめ

- 洋上でのタンデム出荷、Side-by-Side出荷を対象にして、2船体、係留システム、出荷装置(LNG移送ホース等)、係船索、フェンダーを考慮した一体解析が可能な洋上出荷オペレーションシミュレータを開発
- 2船間のLNG移送に対する安全性評価のための要素技術として、以下の技術検討内容を紹介
 - 長周期Rollの影響評価
 - タンク内遊動水が船体動揺に及ぼす影響
 - 2船間Gap内の水位上昇評価
 - LNG移送ホースの挙動評価
- 洋上出荷オペレーションシミュレータの活用例として、今年度実施のSide-by-Side 出荷のAvailability解析技術に関する研究を紹介

