

NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025 プログラムNo.1-1

新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業/
社会課題解決枠フェーズB(風力発電利用促進分野)/

計測誤差を1／5以下にできる洋上風況観測 浮体ブイ向け低動揺プラットフォーム開発

発表：2025年7月17日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名

(株)リーデッジテクノロジー 片山 敦

(株)エイワット 柴田 政明

大阪公立大学 片山 徹

問い合わせ先 (株)リーデッジテクノロジー E-mail: info@leadedge.co.jp TEL: 03-6277-0230

(株)エイワット E-mail: m.ozaki@eiwat.co.jp TEL: 072- 362-3329

1. 目的

洋上風力発電事業での事業性検討の不確かさを減少させる「洋上風況観測浮体ブイ向け低動揺プラットフォーム」として、LiDAR動揺振幅角を 0.2deg以下またはブイ動揺振幅角の1/5以下となる低動揺制御が実装された動揺低減台を開発する。

2. 期間

2023年9月 ～ 2027年3月

3. 目標（最終）

①低動揺プラットフォーム（動揺低減台）における動揺角の制御

動揺振幅角を0.2deg以下または洋上浮体ブイの動揺振幅角の1/5以下にする

②低動揺プラットフォームの制御に必要なエネルギー量の評価

沖合での計測に向けて省エネルギーでの運用に向けたエネルギー量を検証する

③低動揺プラットフォームのビジネスモデルの評価を実施

動揺低減台の生産コスト低下、販売方法等ビジネスモデルを検証する

4. 成果・進捗概要

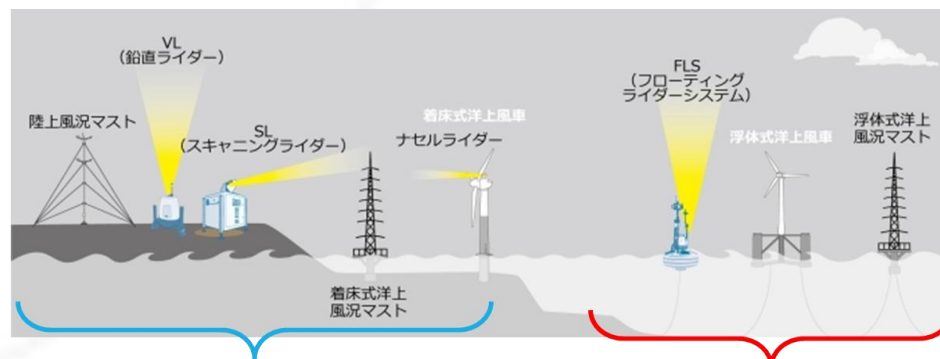
新エネシーズフェーズA実証を完了し、フェーズBにて上記目標達成に向けて実証中

§研究開発の背景と目的

洋上風力発電を長期間健全に運営する目的として、事業性検討時に風力発電機周辺では正確なりアルタイム風況観測が希求されるが、波浪中の動揺により不正確な観測が行われている

低動揺プラットフォーム（動揺低減台）を用いることで、LiDARによる正確な風況観測が実現すると、風況シミュレーション精度が向上し、洋上風力発電事業での事業性検討の不確かさを減少する

また、正確な瞬時値データや乱流成分データが取得可能となり、正確な洋上風況観測の低コスト化が進む。

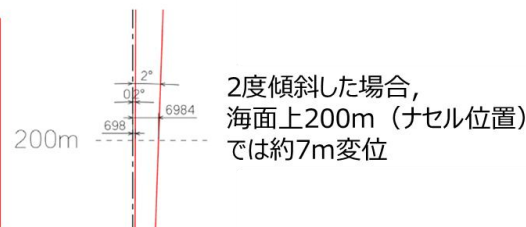


陸上または沿岸域の観測システム

沖合の観測システム

沖合での風況観測の課題例

- 波浪中動揺，定傾斜に伴う風況計測精度の低下
- 電源（計測・制御）に限りがある
- 水深が深く着床式洋上風況マストの場合は設置困難（コスト高）



出典： https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101758.html

実施体制と役割分担

名称	役割分担
【代表提案者】 (株) リーデッジテクノロジー	事業マネジメント、制御システムの開発 & 実装、 実証試験、ビジネスプランの検討
【共同提案者】 (株) エイワット	低動揺プラットフォーム（動揺低減台ハード）の製作、 実証試験、ビジネスプランの検討
【共同研究者】 大阪公立大学	制御アルゴリズム、モデル式の改良ならびに実証試験

【第三者委員会】

名称	役割分担
神戸大学 大澤教授	（委員長） 本事業全体に係る助言
国際気象海洋（株）	環境計測に関する助言
（株）ゼニライトブイ	浮体（ブイ）に関する助言

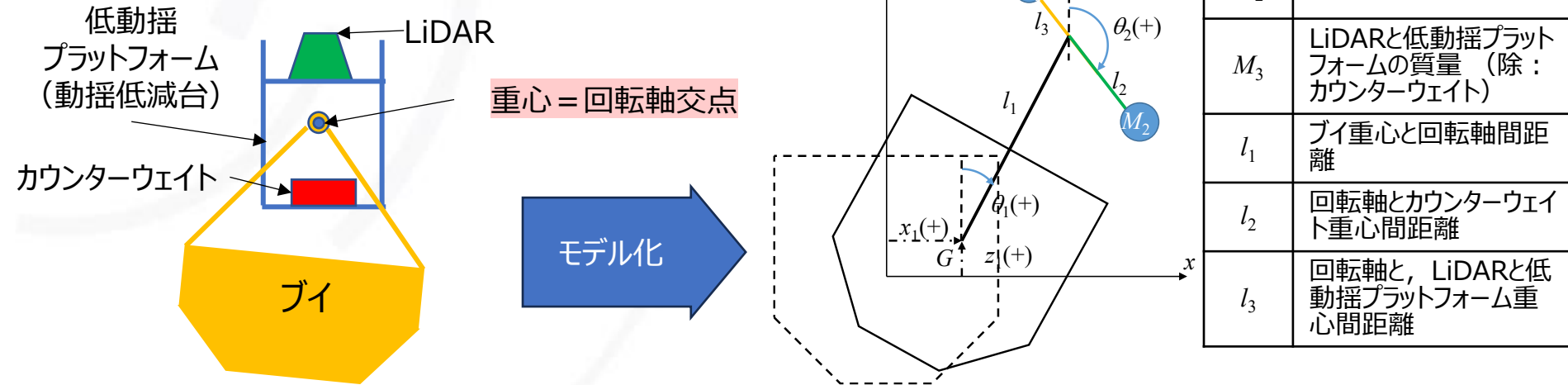
§新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業フェーズA

	2023年度												2024年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
研究開発スケジュール	▼事業開始												事業終了▼											
低動揺プラットフォーム向け低動揺制御アルゴリズムによるモデル式の改良																								
低動揺プラットフォームにおける制御プログラムの検討・設計・製造																								
低動揺制御試験機の製作																								
低動揺制御試験機の実証																								
低動揺制御試験機の評価																								
第三者検討委員会																								

§新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業フェーズB

	2025年度												2026年度												2027年度																																									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3																														
研究開発スケジュール	▼事業開始																																	事業終了▼																																
低動揺プラットフォームの検討・設計・製造																																																																		
低動揺プラットフォームにおける制御プログラムの検討・設計・製造																																																																		
低動揺プラットフォームの実証試験																																																																		
低動揺プラットフォームの動揺制御に必要なエネルギーの評価																																																																		
低動揺プラットフォーム（試作機：プロトタイプ）におけるビジネスモデルの検討と評価																																																																		
第三者検討委員会																																																																		

§研究開発でのアプローチ手法（低動揺アルゴリズム）



出典A: Yusuke Yamamoto, Tomoki Taniguchi, Toru Katayama, Development of Low Energy Consumption Motion Stabilized Platform for Offshore Wind Observations Floating Platform, Proc. of the ASME 2024 43rd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (OMAE2024) Volume 4: Ocean Space Utilization

- ブイは、低動揺プラットフォームに比べて十分に重く、低動揺プラットフォームの動揺によるブイの運動への影響は無視できると仮定
- 単振り子モデルとして、低動揺プラットフォームの運動方程式を定式化すると、

$$(I_2 + I_3)\ddot{\theta}_2 + (I_{12} + I_{13})\{\ddot{\theta}_1 \cos(\theta_2 - \theta_1) + \dot{\theta}_1^2 \sin(\theta_2 - \theta_1)\} - M_2 g l_2 \sin \theta_2 + M_3 g l_3 \sin \theta_2 = T_f + T_m$$

$$I_2 = M_2 l_2^2, \quad I_3 = M_3 l_3^2, \quad M_{12} = M_2 l_1 l_2, \quad M_{13} = M_3 l_1 l_3$$

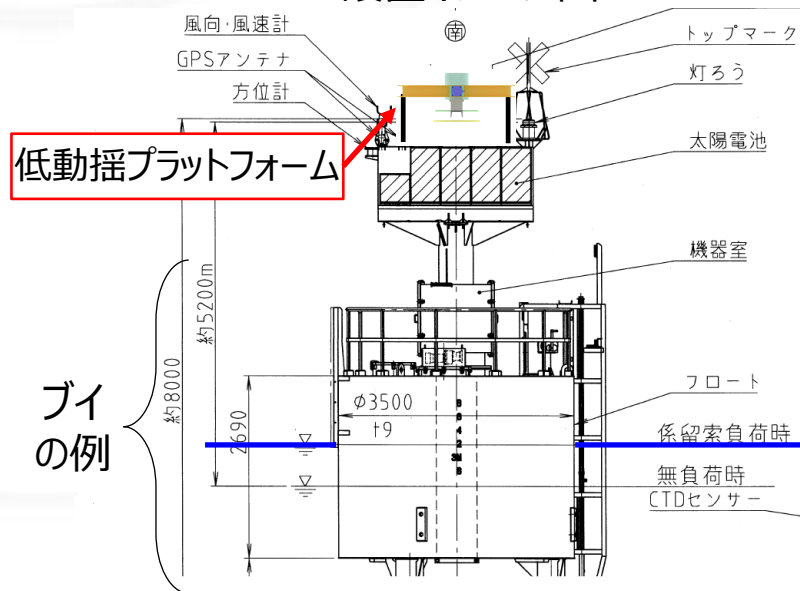
$$T_f : \text{Frictional moment}, \quad T_m : \text{Control moment}$$

実証試験の内容（フェーズA時）

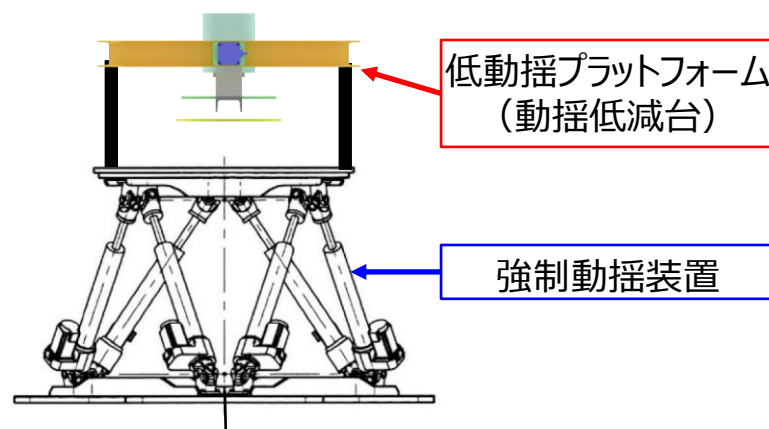
§実証試験の内容（フェーズA時）

- 低動揺プラットフォームは風況観測用ブイなどに設置
- 低動揺プラットフォームにLiDARを搭載
- NEDO実証試験ではブイの波浪中運動は6軸の強制動揺装置で模擬

設置イメージ図



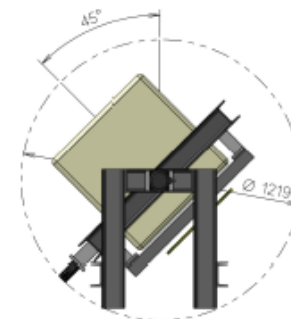
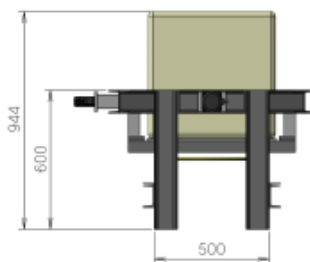
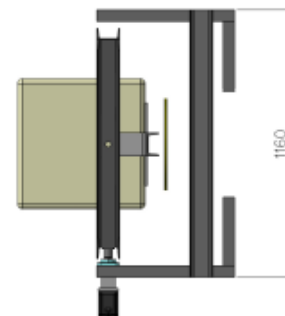
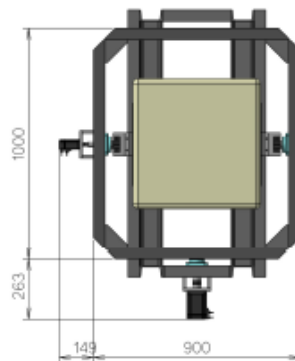
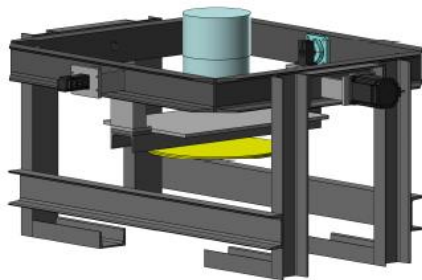
実証試験（縮尺1/1）



→強制動揺装置を用いて不規則な動揺により試験を実施
→動揺振幅角0.2 deg以下（10秒周期）に制御
※限界条件以上では動揺を1/5以下

動揺低減台の開発・製作

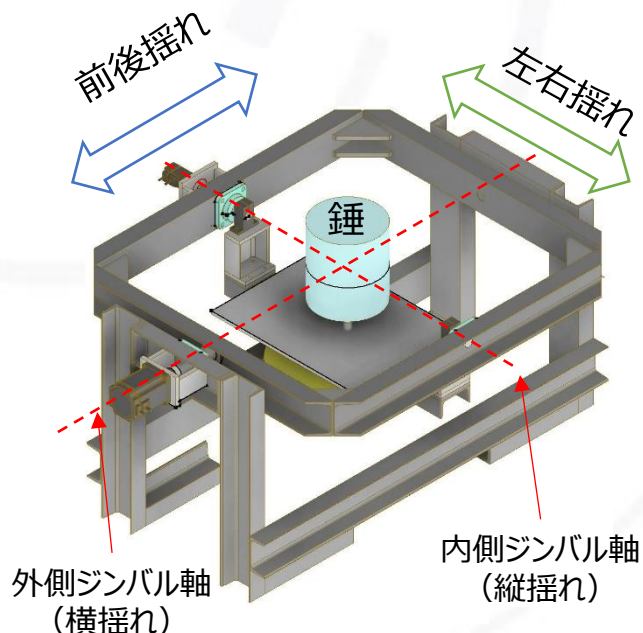
§動揺低減台の開発・製作



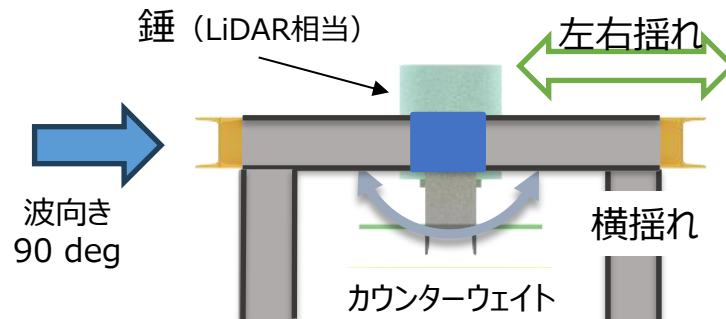
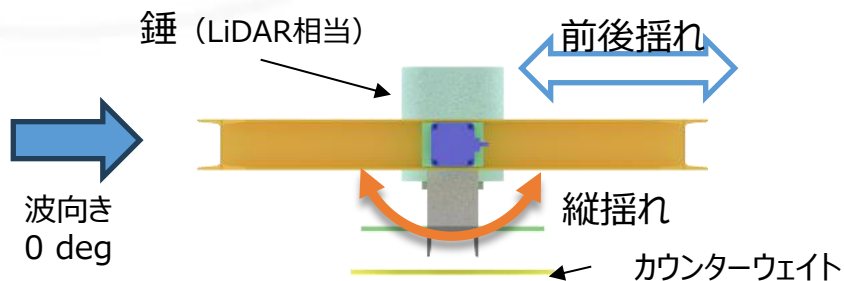
- ・重量 : 約130kg
- ・寸法 : 1263×1049×600(994)mm

実証試験（動揺低減台の特徴）

§動揺低減台の特徴：低動揺制御試験機（2軸）

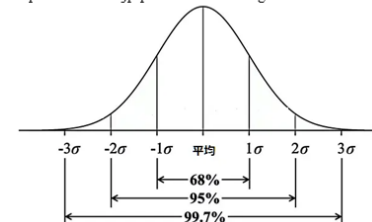


- 力学的特徴
 - ✓ 錘（LiDAR相当）、カウンターウェイトを含む低動揺プラットフォームの重心高さをジンバル軸高さに一致
 - ✓ 2つのジンバル軸（内側ジンバル軸と外側ジンバル軸）が直交するため、前後揺れと左右揺れによる強制モーメントが0 Nm ← **理想状態**
- 但し、
 - ✓ 回転軸摩擦・コギング力により生じるブイの縦・横揺れ時の強制モーメントが残る
 - ✓ 復原モーメントが無いため釣り合い角度が不定
- 実験状態
 - ✓ 内側ジンバル軸：理想状態
 - ✓ 外側ジンバル軸：復原力がある状態



δ実証試験（フェーズA時）

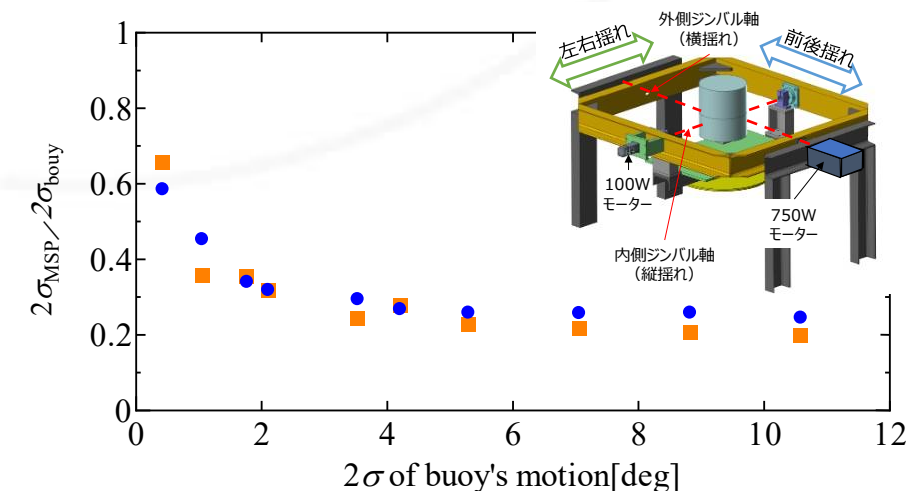
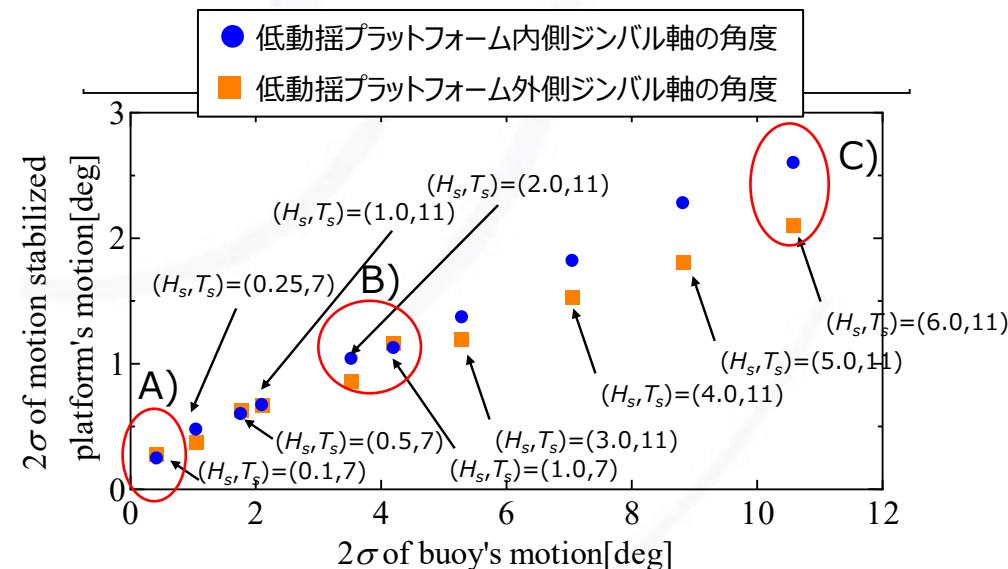
<https://avilen.co.jp/personal/knowledge-article/normal-distribution/>



<試験結果>

- ブイの動揺振幅角の 2σ が 4.2 deg ($H_S=1\text{m}$, $T_S=7 \text{ s}$)程度であれば、内側ジンバル軸と外側ジンバル軸の動揺振幅角の 2σ は同程度
- 波高が大きくなるにつれ、外側ジンバル軸の動揺振幅角の 2σ は内側ジンバル軸より小さくなる
- ブイの揺れが大きくなるほど動揺低減効果は大きい

✓ 100Wモーターの場合、ブイの動揺振幅角の 2σ が 5deg より大きくなるような状況だと、750Wモーターより動揺低減効果が低下するが、それでも十分な減衰効果はある。

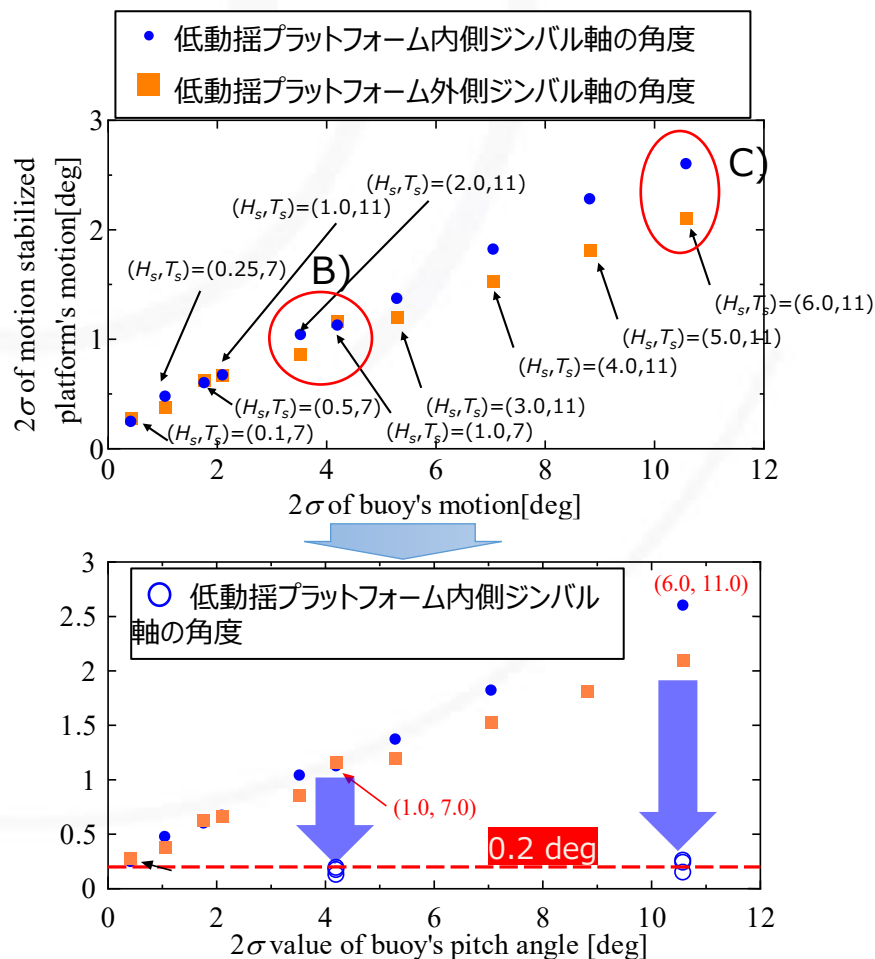


§実証試験（直近試験時）



§まとめ（フェーズA完了時）

- ①低動揺プラットフォーム向け低動揺制御アルゴリズムによるモデル式の改良
 - ・低動揺プラットフォームの諸元（質量、慣性モーメント、粘性減衰係数）、LiDARの諸元を考慮して定式化し、スカイフックダンパー・スカイフックスプリング制御に基づくアルゴリズムを開発
 - ・理論計算環境を構築
- ②低動揺プラットフォームにおける制御プログラムの検討・設計・製造
 - ・上記①で開発したアルゴリズムをMATLAB/Simulink環境で実現
 - ・制御を実装するデバイスを構築
 - ・デバイス構築時に判明した制約条件（制御トルクの上下限 等）をアルゴリズムに反映させ、アルゴリズムを高度化
- ③低動揺制御試験機の製作
 - ・2つのジンバル軸（内側ジンバル軸と外側ジンバル軸）が高精度に直交する低動揺制御試験機を製作
- ④低動揺制御試験機の実証
 - ・不規則波条件において、強制動揺装置（ブイの運動を模擬）の動揺振幅角と比べて1/2～1/5の低動揺化を実現
 - ・波条件にもよるが、LiDARを設置した動揺低減台の動揺振幅角が0.2 deg程度となることを確認
 - ・低動揺化に必要な制御トルクのレンジを確認し、フェーズBでの制御機構の構成にフィードバック



改善

傾斜角を計測するセンサーを、
中程度の精度だが出力レートが高いセンサーに
変更し、制御周波数を高く設定

低動揺プラットフォームの内側ジンバル軸

B) ブイの動揺振幅角の2σ値が4 deg程度の場合、プラットフォームの動揺振幅角の2σ値は0.2 deg以下

C) ブイの動揺振幅角の2σ値が10.5 deg程度の場合、プラットフォーム内側回転軸では0.15~0.26 deg程度

NEDO事業の目標：
LiDARの動揺振幅角の2σ値を0.2 deg以下を達成見込み

- ・動揺振幅角（片側）を0.2deg以下またはブイ動揺振幅角の1/5以下となる低動揺制御を実現
- ・低動揺プラットフォーム（動揺低減台）のエネルギー量を検証
- ・ビジネスプランの策定