

# 浮体式洋上風力発電システムの運転制御に関する研究

角谷, 啓

<https://doi.org/10.15017/4060211>

---

出版情報 : Kyushu University, 2019, 博士 (工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

	○甲 乙 Kou Otsu
--	------------------

(様式3) Form 3

氏名 : 角谷 啓

Name KAKUYA Hiromu

論文名 : 浮体式洋上風力発電システムの運転制御に関する研究

Title Research on Dynamics Control of Floating Offshore Wind Turbines

区分 : 甲

Category Kou

## 論文内容の要旨

### Thesis Summary

地球温暖化抑制とエネルギー自給率向上のために、浮体式洋上風力発電システムが注目されている。浮体式洋上風力発電システムの主課題は、陸上風力発電システムに実装される、ロータ回転角速度を保持するためのブレードピッチ角度制御（可変速制御）によって、浮体前後動揺（固有振動）が励起されることである。浮体前後動揺の情報に基づいてブレードピッチ角度を調整する浮体動揺制御により、浮体前後動揺を抑制できるとの報告がある。しかしながら、浮体動揺制御の追加により、発電電力を調整する制御との干渉、発電電力の低下、およびブレードピッチ駆動部の負荷増大といった新たな課題が引き起される。本研究は、上記課題を解決する運転制御方法を提供することを目的とする。

はじめに、浮体前後動揺現象を解明するため、古典制御理論を用いて、ロータ回転角速度から浮体前後動揺までの系を構築し、Nyquist の安定判別法を利用して安定性を判別し、Routh の安定判別法により、浮体前後動揺の要因を明確化した。次に、浮体前後動揺をさらに低減するための、発電電力に基づくモード変更機能を追加した新たな浮体動揺制御、ならびに、ブレードピッチ角度制御と発電機トルク制御の干渉を抑制するための、ナセル風速に基づく発電機トルク下限値制御を提案した。さらに、浮体動揺制御の追加によって低下する発電電力を回復するための、複数あるブレードのブレードピッチ角度を独立に調整する独立ピッチ角度制御、そして最後に、浮体動揺制御の追加によって増加するブレードピッチ駆動部の負荷を軽減するための、ナセル風速を入力とし、フィードフォワード形態でブレードピッチ角度指令値を決定するフィードフォワード制御を提案した。そしてさらに、上記の提案制御の有効性をシミュレーションおよび商用規模の浮体式洋上風力発電システムを用いた実機試験により評価した。

検討の結果、Nyquist の安定判別法により、浮体前後動揺は定格条件のみ発生すること、および浮体動揺制御により浮体前後動揺を抑制できることを示した。Routh の安定判別法により、可変速制御が浮体前後動揺を励起することだけでなく、浮体前後動揺の要因は浮体構造物のモーダル粘性係数が低いこと、ならびにロータ中心から浮体前後動揺の回転中心との距離が長いことを明らかにした。商用規模の浮体式洋上風力発電システムを用いた実機試験により、モード変更機能を追加した浮体動揺制御が全運転条件で浮体前後動揺を抑制できること、ナセル風速に基づく発電機トルク下限値制御が定格未満の運転条件での制御干渉を抑制して浮体前後動揺を抑制できること、独立ピッチ角度制御が発電電力の低下を回復できること、およびナセル風速に基づくフィードフォワード制御がブレードピッチ角度の累積移動量を低減してブレードピッチ駆動部の負荷を低減できることを確認し、本研究における提案制御の有効性を示した。

浮体前後動揺現象の解析により、浮体式洋上風力発電システムの構造だけでなく、浮体動揺制御の設計指針を明らかにした。また、提案する制御手法により、ソフトウェアの変更のみで浮体式洋上風力発電システムの

課題を解決できることを確認した。本研究の成果により、浮体式洋上風力発電システムの導入加速に貢献することが期待できる。