

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K04556

研究課題名（和文）洋上風力発電におけるウィンドファームの数理モデル化とフォーメーション制御系設計

研究課題名（英文）Modeling of Wind Farms for Offshore Wind Turbine System and its Formation Control

研究代表者

牛田 俊（Ushida, Shun）

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：30343114

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：エネルギーの安定供給を確保するため、風力発電システムの実運用が期待されている。特に、海に囲まれた日本の国土を生かした大規模洋上風力発電システム「ウィンドファーム」の導入が進められてきている。本研究では、複数の浮体式洋上風力発電システムからなるウィンドファームの数理モデルの獲得を目指し、風車単体では計算負荷の軽いシンプルな構造を備えた複合シミュレータ環境を構築した。これにより、様々な波や風の条件下において、ウィンドファーム内の風車が他の風車の発電量にどのような影響を及ぼすかを調べることが可能となった。今後は、ウィンドファームの発電量を最大化する制御系設計用シミュレータとしての利用が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ウィンドファーム全体の発電量の最大化を目指し、複数の風車を複合した大規模ウィンドファームの解析に向けたシミュレータ環境を実現した。様々な波や風の条件下で、風上に位置する風車が他の風車の発電量に及ぼす影響について詳しく調べ、ウィンドファーム間の流体現象を可視化することに成功し、定量的にも定性的にも評価可能なウィンドファームのシミュレータ環境を構築することができた。

本研究の成果を、現実のウィンドファームでの制御系設計に役立つシステムへ規模を拡大することは比較的容易であり、複雑な物理現象を伴うウィンドファームの解析や制御系設計のツールの確立に道筋をつけたと言える。

研究成果の概要（英文）：To ensure a stable supply of energy, practical operation of wind power generation systems is expected. In particular, the introduction of large-scale offshore wind power generation systems, known as wind farms has been progressing, taking advantage of Japan's land area, which is surrounded by the sea. In this study, we aimed to obtain a mathematical model of a wind farm consisting of multiple floating offshore wind power generation systems, and constructed a simulator environment with a simple structure and low computational load on each individual wind turbine. This makes it possible to investigate how a wind turbine in a wind farm affects the power generation of other wind turbines under various wave and wind conditions. In the future, it is expected that this will be used as a simulator for designing control systems that maximize the power generation of wind farms.

研究分野：制御工学

キーワード：洋上風力発電 ウィンドファーム 発電量最大化 モデリング

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

原発によるエネルギーの安定供給が見通せない中、風力発電システムの実運用が期待されている。特に、海に囲まれた日本の国土を生かした大規模洋上風力発電システム「ウィンドファーム」の導入が進められている。本研究では、複数の浮体式洋上風力発電システムからなるウィンドファームの複合シミュレータを構築し、フォーメーション制御系設計用シミュレータとしての利用可能性を検証を目指してきた。

2. 研究の目的

原発によるエネルギーの安定供給が見通せない中、風力発電システムの実運用が期待されている。特に、海に囲まれた日本の国土を生かした大規模洋上風力発電システム「ウィンドファーム」の導入が進められている。本研究の目的は、複数の浮体式洋上風力発電システムからなるウィンドファームの数理モデルの獲得を目指し、研究代表者が既に実行済みの風車実験によって得られた大規模データを活用し風車単体では計算負荷の軽いシンプルな構造を備えた複合シミュレータを開発することである。その際、独自開発をしたシステム同定に基づくモデル化を行い、フォーメーション制御系設計用シミュレータとしての利用可能性を検証する。

3. 研究の方法

研究代表者の既存の研究成果を活かして「実機データに基づいた風車単体の数理モデルを獲得」し、複数の風車を複合した「大規模ウィンドファームの解析用シミュレータを実現」するために以下の研究実施を計画した。

実機データ採取実験、シミュレータ構築、実証実験による検証については、研究目的で述べた(1) 実際の風車実験によって得られる大規模データを活用したシステム同定に基づくモデル化を行い、単体の風車では計算負荷の小さいシンプルな構造をもつ複合的なシミュレータを開発すること、(2) そこで得られたウィンドファームの数理モデルおよびシミュレータが、フォーメーション制御系設計用シミュレータとしての利用可能性を検証することについて、それぞれ、部分空間同定法による風車のモデリング、シミュレータによる系の振舞いの解析、フォーメーション制御器設計への応用の模索と実証実験を行い、浮体型風車の実用化に寄与するシステムを開発する。

本研究課題に取り組むにあたり、「実機データ採取実験」「実証実験による検証」を遂行するための実験機材、風洞を含む実験環境を保有していないため、新しく入手あるいは製作によって実験環境を整える必要がある。研究代表者の海外派遣(2016年3~9月)先での7MW級の実際の風車に対する実機実験に関する多くの基礎知識、現状の課題、ノウハウを活用し、実験環境を整える。

本研究で目指すウィンドファームの解析と制御器実装のためには、単体風車のシミュレータに可能な限りシンプルな構造をもたせることがキーとなるポイントである。特に実機による実験を様々な条件設定の下で行い、実機によるデータの採取とモデルの性能評価に力を注ぐ。この実データに基づくシステム同定での成果を土台として、単体風車のシミュレータを構築することを試みる。そこでは、将来の複合型シミュレータの構成を見込んで汎用性を重視して設計する。

4. 研究成果

ウィンドファーム全体の発電量を最大化するための制御系設計に利用可能な、複数風車からなるシミュレータ環境の構築を目指してきた。本研究でその確立を目指すウィンドファームの解析法と制御器実装のためには、単体風車のシミュレータに可能な限りシンプルな構造をもたせることがキーとなるポイントであった。

本研究で実施した研究の成果として、複数の風車を複合した大規模ウィンドファームの解析に向けたシミュレータ環境を実現し、様々な波や風の条件下で、風上に位置する風車が他の風車の発電量に及ぼす影響について、詳しく調査を行った。同時に、ウィンドファーム間の流体现象を可視化することに成功し、定量的にも定性的にも評価可能なウィンドファームのシミュレータ環境を構築することができた。

今後はより大規模で複雑なウィンドファームへ拡張することが重要である。本研究の成果に対して、現実のウィンドファームでの制御系設計に役立つシステムへ規模を拡大することは比較的容易であり、複雑な物理現象を伴うウィンドファームの解析や制御系設計のツールの確立に道筋をつけたと言える。さらに、本研究で構築したシミュレータ環境を用いて、多様な環境下での入出力データを取得することが可能となっており、各種のシステム同定手法を土台としてウィンドファームの数理モデルを獲得することが期待される。これによって得られた数理モデルは、複雑なウィンドファーム内の物理現象の本質を捉えるダイナミカルシステムであり、ウ

インドファーム内の複数風車に対するフォーメーション制御器設計において、従来のモデルに基づいた様々なアドバンストな制御系設計手法の適用可能性を広げることにつがっていく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山本 竜也, 高原 大輔, 菅本 誠, 牛田 俊
2. 発表標題 動特性を考慮したRCサーボモータのシミュレータ構築
3. 学会等名 日本機械学会関西学生会2022年度学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 若林 秀星, 荒冷 健士郎, 牛田 俊
2. 発表標題 1自由度に拘束された倒立振子の視覚フィードバック制御による安定化
3. 学会等名 日本機械学会関西学生会2022年度学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 荒冷 健士郎, 松本 潔, 石橋 宏朗, 牛田 俊
2. 発表標題 倒立振子の安定化を行う非線形ロボットアームの運動制御に関する研究
3. 学会等名 第66回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菅本 誠, 高原 大輔, 碓井 隆斗, 牛田 俊
2. 発表標題 二足歩行ロボットへ実装するためのコンプライアンス制御系のパラメータ学習
3. 学会等名 第66回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 入口 雅大, 石橋 宏朗, 牛田 俊
2. 発表標題 洋上ウィンドファームの発電率向上に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会関西学生会2021年度学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本 潔, 石橋 宏朗, 荒冷 健士郎, 牛田 俊
2. 発表標題 データ駆動型制御則をもつ視覚フィードバック制御系に関する実験環境の構築
3. 学会等名 第65回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠池亮成, 秋山啓太, 磯田廉, 牛田俊
2. 発表標題 コンプライアンス制御器を実装したRCサーボモータの動的モデルのパラメータ推定
3. 学会等名 第64回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 立花啓一, 榎本凌大, 牛田俊
2. 発表標題 モーションキャプチャシステムを用いた小型無人飛行機の軌道追従制御系の設計
3. 学会等名 第64回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------