



《第51回》風速の予見情報を用いる 浮体式洋上風力発電の制御

津屋 朋花

1. はじめに

筆者は、学生実験でものを自在に操ることのできる制御工学に興味をもちました。また、気候変動問題の解決に筆者も貢献したいという思いから、再生可能エネルギーに関心をもち、研究室に配属されて以来、風速の予見情報を用いる浮体式洋上風力発電の制御に関する研究に取り組んできました。2022年3月に博士後期課程を修了し、現在は大阪産業技術研究所で、電気絶縁システムの診断技術に関する研究に取り組んでいます。今回は大学院での研究についてご紹介します。

2. 浮体式洋上風力発電とブレードピッチ角制御

EU や日本を含む多くの地域や国は、2050年までにカーボンニュートラルを実現することを目指しています。そのためには、発電量に占める化石燃料の割合を下げ、再生可能エネルギーの割合を高める必要があります。風力を利用する風力発電は、アジア太平洋・ヨーロッパ・北米地域を中心に普及が進んでおり、その中でも、浮体上に風車を搭載し、洋上で発電を行う浮体式洋上風力発電(図1左)が注目を集めています。この方式は、遠浅の海岸に恵まれていない日本のような地域や国に適した発電方式であり、「強く乱れの少ない風が利用可能」、「深い海にも設置可能」、「風車の大型化が可能」という点で優れています。その一方、浮体上に風車を設置するという特性上、「風や波の影響で発電出力が変動する」、「浮体の動揺で風車の構成要素に負担がかかり、メンテナンスコストが高くなる」などの問題があります¹⁾。このような課題を解決する制御手法の1つに、ブレードピッチ角制御があります。これは、風車のブレードピッチ角(図1右)を変化させることで、ブレードに働く揚力・抗力を

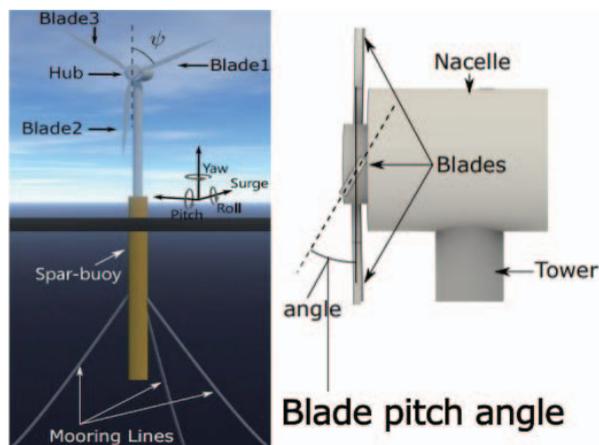


図1 浮体式洋上風力発電とブレードピッチ角

調節し、ロータの回転トルクや風が風車を押す力を調整します²⁾。筆者は浮体式洋上風力発電に対して、発電機出力の変動と浮体の動揺を抑制することを目的に、風速の予見情報を用いるブレードピッチ角制御を設計してきました^{3),4)}。設計した制御器の評価は米国再生可能エネルギー研究所(NREL)が開発した高精度シミュレータFASTを用いて行いました。

3. LIDAR を用いた風速計測

LIDAR (Light Detection and Ranging) に代表されるリモートセンシング技術の発達により、風車前方の風速が計測可能となり、ブレードピッチ角制御に風速の予見情報を用いることが検討され始めました⁵⁾。風速の予見情報を用いることで、発電機出力の変動抑制や構成要素への負担軽減が期待されています。LIDARは風車のナセル(Nacelle)上に設置され、風上に向けてレーザー光を照射します。レーザー光は大気中の粒子に当たり、散乱しま



図2 風車上の景色

す。散乱した光の周波数は粒子の速度に応じて変化します。この周波数の変化を観測することで、風車前方のさまざまな距離の風速が推定できます⁶⁾。ナセルにLIDARを搭載した陸上風車が、産業技術総合研究所福島再生可能エネルギー研究所に設置されていたため、見学の機会を設けていただきました。主任研究員である川端浩和様にご指導をいただき、タワー内部からナセルに上り、設置されているLIDARとブレードピッチ角制御システムを見学しました。風車のハブ高さは41.5m、直径は33mでした。図2に上った場所の写真を示します。実際に上ってみて、数字を見ているだけではわからなかった風車の大きさに圧倒されました。また、川端様がセンサの取り付けやメンテナンスなどで頻繁に風車を上るとお聞きし、風車の実機を用いて実験するのには体力も重要であることがわかりました。筆者は見学の翌日、全身筋肉痛でなかなか起き上がることができませんでした……。

4. 国際会議での発表

大学院での研究生活において、学会に参加し、研究成果を発表することは非常に刺激的でした。特に国際会議では、論文や本で拝見したことのある先生方が参加されている！と気持ちが高まりました。特に印象に残っている国際会議は、SICE Annual Conference 2018 (SICE2018)と5th IEEE Conference on Control Technology and Applications (CCTA2021)です。

SICE2018は奈良で開催され、ポスター発表を行いました。国際会議への参加は初めてであり、英語で適切な議論ができるだろうか、だれにも足を止めてもらえなかったらどうしよう、などの不安に襲われました。英語には課題が残りましたが、割り当てられた時間いっぱい議論することができ、多くの人に興味をもていただけたことが非常に嬉しかったです。

CCTA2021は、当初はSan Diegoでの開催が予定されていましたが、新型コロナウイルスの影響でオンライン開催となりました。在学中、最後の国際会議への参加であった

ため、対面で発表したいという気持ちが大きかったですが、セッションの移動が容易である、聞き逃した発表もビデオを見てチャットで質問ができる、などオンライン開催ならではの恩恵を受けられました。特にビデオのアップロードがありがたく、一度聞いただけでは内容を理解しきれなかった部分を確認することができました。国際会議は現地時間を基準に開催されていたため、発表時間が0時と深夜の発表に少し戸惑いましたが、自身が参考にしてきた研究を行っている海外の先生にご質問をいただき、議論できたことが印象に残っています。

5. おわりに

現在は、公設試験研究所の研究員として、冒頭でご紹介した研究業務に加え、企業支援業務にも携わっています。特に、音響管を使用した材料の吸音特性評価を行っています。材料にはポリマーが使用されることが多く、これまで専門としてきた分野と異なるため、日々勉強しています。今後、制御工学で得た知識を生かして、新たな研究テーマに取り組んでいきたいです。

(2023年1月13日受付)

参考文献

- 1) P. A. Lynn: *Onshore and offshore wind energy: An introduction*, 140/177, John Wiley & Sons, Ltd (2012)
- 2) L. Pao and K. Johnson: Control of Wind Turbines, *IEEE Control Systems Magazine*, **31**-2, 44/62 (2011)
- 3) 津屋, 原, 小西: 風速の予見情報を用いた浮体式洋上風車の個別ブレードピッチ角制御, *電気学会論文誌C*, **142**-9, 1008/1020 (2022)
- 4) 津屋, 原, 小西: 予見する風速を用いた浮体式洋上風車スケールモデルのブレードピッチ角制御, *計測自動制御学会論文集*, **56**-5, 299/309 (2020)
- 5) 川端浩和: ナセルLIDARを用いた風車のパワー計測と制御, *風力エネルギー*, **43**-2, 221/224 (2011)
- 6) A. Rettenmeier, D. Schlipf, I. Würth, and P. W. Cheng: Power Performance Measurements of the NREL CART-2 Wind Turbine Using a Nacelle-based Lidar Scanner, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **31**-10, 2029/2034 (2014)

[著者紹介]

津屋 朋花 君 (正会員)

2017年大阪府立大学工学域電気電子系学類卒業、2022年同大学大学院工学研究科博士後期課程修了。同年地方独立行政法人大阪産業技術研究所研究員、現在に至る。浮体式洋上風力発電システムの制御に関する研究に従事。電気学会などの会員。博士(工学)。

E-mail: tsuya.tomoka@orist.jp

所属: 地方独立行政法人大阪産業技術研究所 和泉センター製品信頼性研究部 大阪府和泉市あゆみ野 2-7-1