

私のキャリア経験談と研究紹介 —電力貯蔵装置を用いた PV 電力平滑化制御法—

My Career Experience and Research Introduction —PV Power Smoothing Control using Energy Storage System—

高橋明子*

1. はじめに

本稿は、太陽光発電部会第 34 回セミナー「再生可能エネルギー分野で活躍する女性たち」（以下、本セミナーと称す）にて私が講演した内容をまとめたものです。本セミナーの趣旨を考慮し、自己紹介と経験談を中心に講演を行い、取り組んでいる研究については大枠と、一つ抜粋して「電力貯蔵装置 (ESS: Energy Storage System) を用いた太陽光発電 (PV: Photovoltaic generation) 電力平滑化制御」について紹介しました。

働き方や考え方は、男性・女性だけでなく、人それぞれ異なります。そのため、ここに記載の内容はあくまで私見です。少しでも本セミナーに参加された方、本稿を読まれた方の参考になれば幸いです。

2. キャリア経験談

2.1 自己紹介

現在私は、PV などの再生可能エネルギーを活用するための柔軟な電力システムの構築を目指し、エネルギーネットワークにおける水素、ESS、電気自動車 (EV: Electric Vehicle) を利用した制御法やエネルギーマネジメント法に関する研究、画像解析による日射量予測法の研究などに取り組んでいます。PV や電力システムに関連したこれらの研究は、助教として大学教員に着任してから取り組んでいる内容です。

多くの研究者、特に大学教員は、学生時代から取り組んでいる研究分野で活躍されている方が多いと思います。しかし私は、大学学部 4 年生で研究室に配属され、博士前期課程修了までの期間、また博士後期課程の期間は、今の専門とは異なる研究を行っていました。また、博士後期課程では比較的女性がいましたが、全体を通して、女性が少ない環境で研

究に取り組んでいました。日本で活躍している女性比率の分野による差を感じます。このような経験の中で、大切だと感じていることを紹介します。

2.2 自分に対して

自分に対して大切にしていることは、以下です。

- ・自分の専門分野（強み）を持つ
- ・持っている技術の応用先はひとつとは限らない
- ・挑戦する気持ち
- ・機会を十分に活用する

自分の強みとなることがなければ、何かを成しえることはむずかしいです。しかし、強みさえあれば、それを応用できる分野はひとつとは限りません。「自分にできること」を大切に、活用できる応用先を模索してほしいです。新しいことに挑戦することは困難を伴いますが、きっと新たな発見をもたらす素敵な機会になります。社会のニーズは日々変化し続けています。技術革新もめまぐるしいです。そのような環境に対応するためにも、強みを生かし、新たなことに挑戦する気持ちを大切にしたいです。

本セミナータイトルに「女性たち」とあるので、女性に焦点をあてて考えてみます。近年、社会的に女性活躍の支援が広がっています。このような支援に対して、支援される女性からも、また男性からも、特別扱いされているとして抵抗感を持たれる場合があります。しかし、折角の機会を活かしてほしいです。女性に限らず、機会が与えられるのは人それぞれです。支援が生まれる背景やタイミングがあります。機会に恵まれた幸運を大切に、前向きな気持ちで機会を十分に活用してほしいと思います。

2.3 ワーク・ライフ・バランス

やりがいを感じ充実して働き・生活するためには、ワーク・ライフ・バランスが大切であると思います。

* 岡山大学 学術研究院自然科学学域 准教授

そのために、以下のことを心がけています。

- ・ライフイベント
- ・周りの関係者と相談・理解を得る
- ・利用できるリソースを活用する

自分に起こるかもしれないライフイベントを見返し、どのように過ごすか考える時間を持ちます。特に女性は、妊娠・出産等、大きなライフイベントがあります。またこれらは、年齢に関係します。仕事でやりがいを感じ、責任ある仕事をする時期に大きなライフイベントを迎えるということもあります。自分はどうしたいか考え、家族はどうしたいか聞き、相談できる時間を大切にしたいです。

仕事とライフイベントを考えると、職場や家庭への懸念事項が絶えず、一人で考えすぎてしまいます。影響は職場や家庭に出るのですから、そこは割り切って相談するようにしています。一緒に考え、どのようにすればお互いに良いか、相談することが重要だと考えています。職場に対しては、多少プライベートな話をしなければならず、ストレスを伴うかもしれませんが、しかし、相談することで理解を得られ、円滑に進められるよう協力してもらえらることもあります。そのためにも、普段から相談し合える人間関係を築きたいと心がけています。

新型コロナウイルス感染拡大の影響により、リモートワークが広がり、遠隔地で仕事するための技術が進歩しています。それまで、職場でしかできなかったことが在宅でも可能となるなど、制度面での変化もあります。働き方の選択肢は広がっています。利用できるリソースを十分に活用し、私なりのワーク・ライフ・バランスを実現したいです。

3. 研究紹介

3.1 概要

地球温暖化対策、エネルギー自給率の向上などを背景に、2050年カーボンニュートラルな社会の実現に向けて、再生可能エネルギーの導入が進んでいます。これまで、固定価格買取制度による支援や、系統整備等の取組を通して、再生可能エネルギーの導入量は、電源比率で、2012年度の10%から2019年度には18%まで増加しています。第6次エネルギー基本計画では、2030年度には36～38%まで増加させる目標が掲げられています。さらに、2050年度には50～60%となると試算されています。

再生可能エネルギーの主要素であるPVや風力発電は、自然条件に起因して発電電力が変動します。そのため、今後さらに導入拡大するためには、出力

変動への対応、送電容量の確保、電力系統の安定性維持などの課題が存在します。これらを背景に、私たちはPVなどの再生可能エネルギーを活用するための柔軟な電力システムの構築を目指し、研究に取り組んでいます。研究テーマ例を以下に示します。

- (1) ESSを用いたPV電力平滑化制御法
- (2) PVシステムが大量導入された配電系統における電圧制御法
～PCS (Power conditioning system), ESS, SVC (Static var compensator), EV, 水電解装置などの活用～
- (3) 最適化手法を用いた電力制御機器の最適配置
～オングリッド, オフグリッド, 地域マイクログリッド, 非常時などを考慮～

(4) 画像解析による日射量計測法と予測法

このうち、本セミナーでは抜粋して(1)について紹介しました。

3.2 ESSを用いたPV電力平滑化制御法

3.2.1 提案手法の紹介

PV電力は雲の動きなどの気象条件によって急峻に変動するため、大規模なPVシステムが電力系統に連系された場合、電力品質が低下する恐れがあります。そこで、PVシステムにESSを併設し、ESSから充放電することでPV電力を平滑化する制御法が提案されています。

簡易的なPV電力平滑化制御法として、移動平均(MA: Moving Average)があります。しかし、MAは時間遅れが生じるため、ESS容量が増大します。そこで私たちは、PV電力平滑化制御手法として、MA、修正MA、一次指数移動平均(ES: Exponential Smoothing)、二次ESおよびFIR (Finite-Impulse Response) フィルタを用いた場合のフィルタ特性と必要となるESS容量を評価しました^{1,2)}。また、気象変動に起因するPV電力の変動がカオス性を有することに着目し、局所ファジィ再構成法³⁾に差分ベクトルを用いてPV電力を予測⁴⁾し、予測したPV電力を用いてMAを行うことで時間遅れを補償する手法⁵⁾を提案しました。そして、PV電力を予測する際に重要な要素である、気象変動に起因するカオス性変動成分が含まれる周波数帯を解析しました⁶⁾。さらに、理想的な平滑化指令値を学習させたANN (Artificial Neural Network) により平滑化指令値を決定する手法⁷⁾や、リアルタイムに逐次計算可能なスプライン関数を用いた手法⁸⁾を提案しました。

3.2.2 コンセプトと制御結果例

これら提案したPV電力平滑化制御法のコンセプトは、変動するPV電力のうち、電力系統に悪影響を及ぼさない長期変動成分は電力系統に逆潮流し、急峻な変動成分をESSで補償するものです。他方、PVシステムから逆潮流される電力の変動を低減するため、日本で一番厳しい技術要件では、蓄電池等を併設し、太陽光発電設備と蓄電池等の合成出力(発電所合成出力)の変化速度を、発電所定格出力の1%以下/分に抑えるよう求めています。そこで、私たちはPV電力平滑化制御法を用いて以下の3つを達成することを目的としています。

- (1) 逆潮流するPV電力の短期変動成分(20分周期以下)を低減
- (2) 出力電力の変動がPVシステムの定格電力の1%以下/分
- (3) ESSの定格容量(kW, kWh)の低減

基本は、PV電力平滑化制御法を実施することで(1)を実現します。そして、変動率制限やエネルギー制御を併用することで(2)や(3)を実現します。

結果例⁹⁾を紹介します。PV電力平滑化制御法にスプライン関数を使用した場合です。図1にスプライン関数を用いて平滑化制御指令値を導出する概念図を示します。直前の一定期間に計測したPV電力から、各区間の平均値を算出し、その平均値からスプライン関数を導出します。導出したスプライン関数から、この先のPV電力を予測することで平滑化制御指令値を決定します。

スプライン関数を用いたPV電力平滑化制御法にエネルギー制御と変動率制限を併用することで、PV電力の短期変動成分を低減する能力(平滑化効

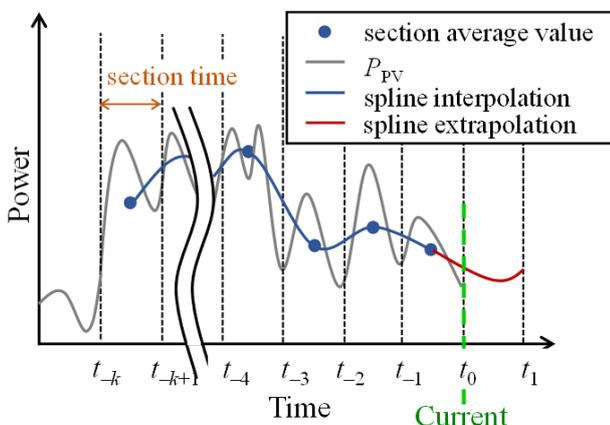


Fig. 1 Conceptual diagram of determining command value for PV power smoothing control using spline function.

図1 スプライン関数を用いたPV平滑化制御指令値決定の概念図

果)は維持しつつ、設置するESSの定格容量を低減できることを示しました。定格電力1.75 MWのPVシステムの場合、PV電力平滑化制御のために設置するESSの定格容量は1,128 kWhとなりました。これは、PV電力平滑化制御法に変動率制限のみを導入した場合に必要なESSの定格容量の49.6%です。スプライン関数を用いたPV電力平滑化制御法とMAを用いたPV電力平滑化制御法に、それぞれエネルギー制御と変動率制限を併用して比較しました。その結果、定格容量1,128 kWhのESSを設置した場合、スプライン関数を用いた手法はMAを用いた手法に対して平滑化効果を49.8%向上させました。

4. おわりに

私は講師の一人として本セミナーに参加しましたが、他の講師のご経験を伺い、皆さんそれぞれご事情が異なる中、ワーク・ライフ・バランスを実現するため奮闘されたお話は非常に参考になりました。働き方改革が進み、女性も働きやすくなってきているものの、ライフイベントによる影響は大きいです。他方、男性もワーク・ライフ・バランス実現に向けて尽力されています。そのような経験談は、これから社会を担う若い世代にも参考になるのではないかと思います。私自身、ワーク・ライフ・バランス実現のために奮闘中です。いろいろな方の経験談を伺い、自身の経験を話すことで、今後多くの方が充実した生活環境を構築されることを切に願います。

私たちが取り組んでいる研究の最新情報は、研究室HP¹⁰⁾に随時掲載していく予定です。大きな期待と様々な課題を有する再生可能エネルギーの活用のため、研究を通じてカーボンニュートラルな社会の実現に貢献したいです。最後に、研究を進める上でご協力いただいているすべての方に、この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

- 1) T. Kanehira, A. Takahashi, J. Imai, and S. Funabiki, A Comparison of Electric Power Smoothing Control Methods for the Distributed Generation System, IEEJ Trans. on Power and Energy, **134** (7), 596-603 (2014).
- 2) Y. Yoshida, A. Takahashi, J. Imai, and S. Funabiki, Power Smoothing Control Methods Using Moving Average and FIR Filters in

- Distributed Generation Systems, Journal of the Japan Institute of Energy, **94** (9), 1051-1056 (2015).
- 3) T. Iokibe, M. Kanke, Y. Fujimoto, and S. Suzuk, Local Fuzzy Reconstruction Method for Short-term Prediction on Chaotic Timeseries, Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Systems, **7** (1), 186-194 (1995).
 - 4) A. Takahashi, T. Makino, J. Imai, and S. Funabiki, Power Smoothing Control of Photovoltaic Generation Systems using a Difference Vector Method, IEEJ Trans. on Power and Energy, **136** (3), 268-274 (2016).
 - 5) K. Shibata, A. Takahashi, J. Imai, and S. Funabiki, Short-Term Prediction of Power Fluctuations in Photovoltaic Systems Using Chaos Theory, Proc. of 2013 IEEE Power & Energy Society General Meeting, (Jul. 2013), 660 Vancouver, Canada.
 - 6) A. Takahashi, A. Yamagata, J. Imai, and S. Funabiki, Decomposition of Fluctuating Photovoltaic Generation Power in Frequency Bands and Analysis of Chaotic Properties, IEEJ Trans. on Power and Energy, **136** (7), 621-627 (2016).
 - 7) A. Takahashi, K. Aoki, and S. Funabiki, A Novel Scheme of Control Commands for Smoothing PV Power by Using ANN, IEEJ Trans. on Power and Energy, **136** (8), 698-704 (2016).
 - 8) A. Takahashi, T. Kajitani and S. Funabiki, Power Smoothing Control Using Spline Function in Photovoltaic Generation System, Proc. of IEEE Decentralized Energy Access Solutions (DEAS) Workshop 2019, (Feb. 2019), 209-212, Atlanta, USA.
 - 9) A. Takahashi, T. Kajitani, and S. Funabiki, Parameter determination for reducing ESS capacity in PV power smoothing control using spline function, IEEJ Trans. on Power and Energy, **141** (10), 612-619 (2021).
 - 10) 岡山大学電力エネルギーネットワーク工学研究室 (accessed Nov. 1 2022), https://www.cc.okayama-u.ac.jp/eng_psen/index.html

著者略歴



高橋 明子 2012年3月熊本大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了。同年6月岡山大学大学院自然科学研究科助教, 2020年10月同大学准教授, 現在に至る。博士(工学)。主として太陽光発電システムにおける電力平滑化制御, 配電系統における電圧制御法, エネルギーネットワークにおけるエネルギーマネジメントに関する研究に従事。