

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開」
研究課題「太陽光発電予測に基づく調和型電力系統制御のためのシステム理論構築」

研究終了報告書

研究期間 2015年4月～2020年3月

研究代表者：井村 順一
(東京工業大学工学院、教授)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

本プロジェクトでは、太陽光発電の大量導入のもとで調和した電力供給を実現するために、太陽光発電・需要予測を活用し、そして、運用層とユーザー層に加えて、様々なアグリゲータが想定される集配層の機能や特性に着目した、次々世代の電力系統制御のためのシステム理論を構築することを研究目的とした。そのため、電力システムの一部の機能ではなく、システム全体を見据えた研究展開を図るため、「PV発電予測を活用した調和型電力系統制御」と「運用層-集配層-ユーザー層から成る電力システム構造設計」を軸に、電力システム分野、システム制御分野、気象分野、数理工学分野の異分野連携により、包括的なシステム設計理論と技術に関する研究を展開してきた。

特に、「太陽光発電のスマート基幹電源化」を目標に掲げ、分散電源から成る電力システムを図1に示す Cyber Physical Value System (CPVS) と呼んで特徴づけた。ここで、動的システムとしての安定性と限られたリソースの配分(需給バランス)という基本的なシステム要件に加えて、(a)多価値共最適性は、CO2削減などシステム全体の価値と、ユーザー側の局所的な価値を同時に最適化すること、(b)調和的ロバスト性は、予測外れによるリスクや故障・事故、サイバーセキュリティに対して、最悪ケースを想定することで保守的になることなく、実際の運用と調和してロバスト化すること、そして(c)オープン適応性は、太陽光発電システムの増加により動特性が変化していくシステムに適応的に対応したり、局所的にアドオンするだけで対応できることを意味する。また、図2では、情報、物、価値から成るネットワーク構造として、サイバー層と集配層という2つの中間層から成る縦横階層構造により、次々世代の電力システム構造を特徴づけることで次世代の電力システム全体を見通し良く設計するための基礎を構築した。

このもとで、図3に示すように、7つの研究領域に分けてシステム設計の理論及び技術を構築した。たとえば、「共有モデル集合」という概念を提案し、それにより縦の階層間の分散設計を可能にし、階層間の自由度を表す設計パラメータを導入することで、多価値共最適性と調和的

ロバスト性を実現するシステム理論を構築したり、多様なプレーヤが変化するシステムに対して多価値共最適化を実現する(オープン適応化)手法として、蓄電池を活用し、エネルギーシフトを実現する電力プロファイル市場

Cyber Physical Value System (CPVS)
膨大かつ多様なプレイヤーが情報、物、価値からなる大規模ネットワーク構造のもとで相互作用するシステムに対し、多様なセンシング情報に基づいて多様な制御アクション(学習・予測・制御)が有機的に協調しあうことで、つぎの要件を満たし、物理から情報を通じて価値を実現するシステム

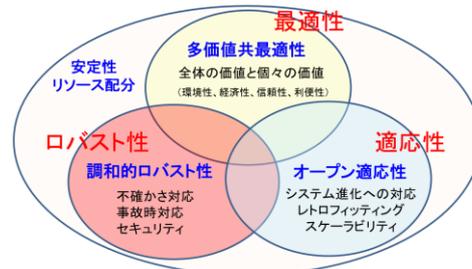


図1 CPVS

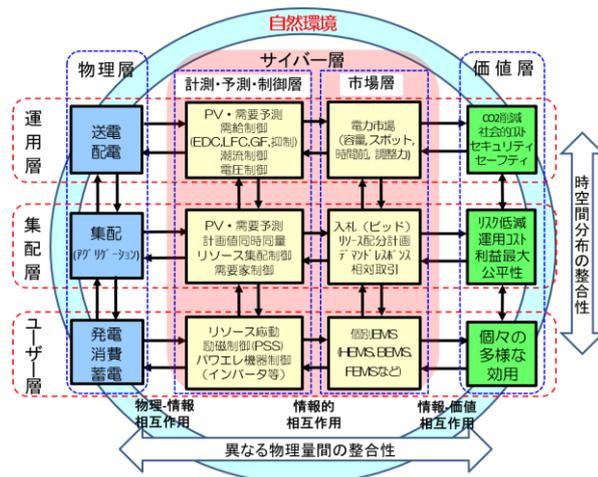


図2 CPVSとしての次々世代電力システム構造

とそのアグリゲータの入札戦略や、局所エリアで電力融通を行う配電システムなどの設計手法を開発した。さらに、ユーザー層の物理システムの制御におけるオープン適応化と調和的ロバスト化の一手法として、アドオンにより分散設計を可能とする局所制御である、同期化カインバータや、発電機励磁系へのレトロフィット制御などの制御理論を構築した。

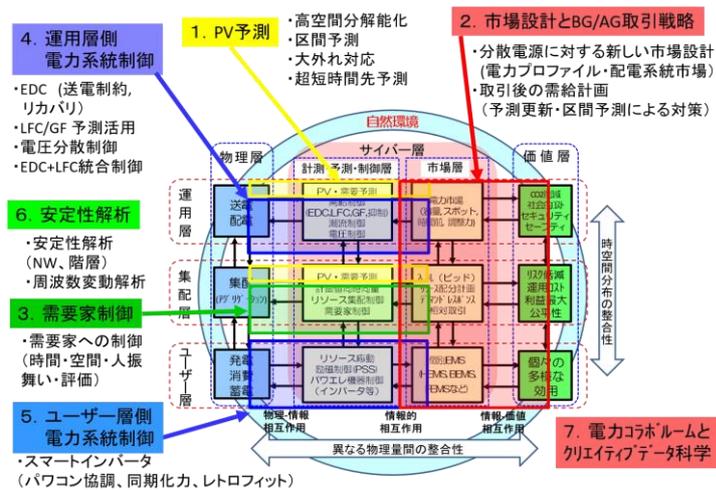


図3 システム理論としての7つの研究領域

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1. 太陽光発電のスマート基幹電源化のためのシステム理論の枠組みと基礎理論・技術を構築

概要：太陽光発電のスマート基幹電源化を提唱し、それを実現するためのシステム理論の枠組みとして Cyber Physical Value System というシステム概念を提案してきた(総説・書籍など：23, 24, 26, 原著論文 31)。それに基づき、7つの研究領域に分けて、階層ごとの分散設計を可能とする共有モデル集合理論(総説 20, 原著論文 160, 208, 290)、局所制御のための分散設計を実現するレトロフィット制御理論(原著論文 179, 210, 237, 256, 279 など, JST プレスリリース, 新聞報道 11 件, NSF EPCN プロジェクト開始)、全体と個の共最適化を実現するインバータの電圧制御(原著論文 45, 76, 114, 119, 207)などの基礎理論および技術を開発した。

2. 時空間に着目した次世代市場設計とアグリゲータ設計

概要：分散電源と蓄電池活用に適した次世代型市場として、時間方向および空間方向に着目することで、それぞれ、蓄電池のダイナミクスを考慮し、かつ電力時系列に着目した電力プロフィール市場(原著論文 127, 154, 総説・書籍など 26)と、ブロックチェーン技術を活用した配電システム市場(原著論文 145, 261)の設計法を提案し、多価値共最適化の基礎手法を開発した。また、アグリゲータ設計として、その役割を特徴づけ(総説・書籍など 26)、ユーザー側の不確かさを考慮したデマンドレスポンス、モデル予測制御型デマンドレスポンス、計画値同時同量を実現するための需要家制御の基礎技術(原著論文 10, 16, 37, 170, 182, 203, 273 など, JST プレスリリース)を開発した。

3. 太陽光発電予測を活用した次世代電力系統制御

概要：信頼度付きの区間予測を用いた需給制御の基礎となる区間最適化問題の厳密解を、世界最速で求める技術を開発し(原著論文 12, 46, 48, 56, 204, 271, JST プレスリリース)、また、

予測を利用した従来電源・蓄電池システムの計画・運用については、6 時間ごとに予測を更新することを前提とし、送電制約まで考慮した需給計画手法を開発し、大規模な数の発電機を想定した場合の蓄電池活用における解析を行った(原著論文 85, 94, 109, 143, 158, 184, 228, 254)。また、大外れによる計画外時の系統制約を考慮した経済負荷配分制御の修正運用法(原著論文 41, 83, 155, 226)や、予測型 LFC の設計法(原著論文 202, 285)を開発した。

< 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果 >

1. 電力コラボレーションルームの構築

概要：電力コラボレーションルームで構築したシステムウェブアプリケーションはメンバーだけに公開され、異分野研究者が他分野データにアクセスすることの障壁を取り払うことで、融合発展研究に貢献した(招待講演 10,25,29,32,33,口頭発表 299,307,317)。HARPS Forecast は、日射量や気温などの気象データを扱いやすく提供するものであり、HARPS OASIS は、気象衛星データ AMATERASS の日射量に加え、その日の卸電力価格や電力需給情報を同時に可視化することで、日射と電力需給の関係をわかりやすく表示するものである。HARPS OPEN DATABASE は、政府公開統計、卸電力取引所、電力広域機関 OCCTO、再エネ賦課金 FIT などのデータを電力会社制御エリアごとに整理しているものであり、研究成果である予測データなども公開している。

2. 予測技術

概要：現状の予測モデルの予測誤差の地域性・季節性の分析(原著論文 9, 24, 230)や局地と広域予測の特性評価(原著論文 96)、また大外れ事例解析を行った(原著論文 82, 224)。また数値予報モデルにエアロゾルを加味したモデル改良、水平解像度を高解像度化した実験によりモデルの改善の方向性を見出した(原著論文 258)。更に、機械学習を活用した短時間予測手法の開発を行った(原著論文 96)。また、前日予測の不確実性に関するモデル開発や複数の予測区間推定手法の比較(原著論文 3, 169, 194)、広域エリアの大外れの予見指標の開発を行った(原著論文 171)。さらに市町村別の発電出力プロダクトの開発やランプ変動解析を行い(原著論文 212, 216)、一部のデータは HARPS OPEN Database より公開した。

3. 同期化力インバータの開発

概要：インバータを高度に制御することで同期化力を具備した「同期化力インバータ」の基本概念を開発した。さらに、配電系マイクログリッドの実現なども考慮し、「単相」同期化力インバータを開発し、電気学会誌上にて発表した(原著論文 231)。Power Synchronization 法を実装し、パワエレ機器特有の問題である「素子保護機能(LVRT, 故障時電流抑制)」の実現についても効果的な手法を実現した。特筆すべきは、機器の内部制御と外部の系統的制御(上位)を分離し、効率的な設計を実現する「コア・シェル分離」概念の提案、実装である。シミュレーションに加えて実験用インバータ実機においても動作を確認、その効果を検証している。さらに、Hardware-in-the-loop システムも導入、様々な条件での実験的検証を実施しており、実用化に向けて大きく貢献した。関連論文として、原著 13, 63, 65, 66, 95, 151, 192, 217, 218, 260 が、関連知財として、特許 JP2 がある。

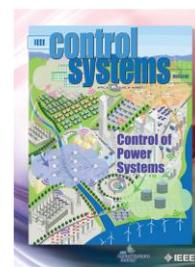


図4 表紙も HARPS 作

<代表的な論文>

1. Tomonori Sadamoto, Aranya Chakraborty, Takayuki Ishizaki, Jun-ichi Imura, “Dynamic Modeling, Stability, and Control of Power Systems with Distributed Energy Resources,” IEEE Control Systems Magazine, 39(2), pp.34-65, 2019 (IF:6.228)

概要:本論文では、第一に、PV や風力発電機を含む次世代電力システムの包括的な数理モデルを概説している。さらに、再エネ電源導入による電力システム全体の安定度の改善に向けて、局所制御器と大域制御器の併用による階層的な制御方策を提案した。特に、局所制御器は対象とする再エネ電源の数理モデルのみを用いて設計・実装でき、必要に応じて取り付け・取り外しが可能であるという特徴をもつため、今後も変化してゆく次世代電力システムに対する有効な制御手法として期待できる。提案手法は、実データをもとにしたベンチマークモデルを通して数値的に検証した。

2. Takayuki Ishizaki, Aranya Chakraborty, Jun-ichi Imura, “Graph-Theoretic Analysis of Power Systems,” Proceedings of the IEEE, Vol.106, Issue 5, pp.931-952, May 2018 (IF:10.694)

概要:電力ネットワークのモデリング・解析・制御に関する一連の研究成果をグラフ理論で検討し、ネットワーク結合された発電機群の同期を実現するための基本原理を明らかにした。この原理に基づき、送電網で複雑に結合された発電機群の振る舞い(回転子の位相角や連結点の電圧値など)を効率的に解析・制御できる電力ネットワークの集約モデルを構築する手法を世界に先駆けて開発した。(2018.5.2 東工大&JST プレスリリースより引用)

3. Benjamin Schäfer, Christian Beck, Kazuyuki Aihara, Dirk Witthaut, Marc Timme, “Non-Gaussian Power Grid Frequency Fluctuations Characterized by Lévy-Stable Laws and Superstatistics,” Nature Energy, Vol.3, pp.119-126, 2018 (IF: 54.000)

概要:北アメリカ、ヨーロッパおよび日本の電力網で観測された周波数時間変動のビッグデータを用いて、その変動の統計的特性を解析した。その結果、従来想定されていた正規分布(ガウス分布)よりも大きな周波数変動を伴う非正規分布特性を示すことを明らかにし、その数理モデルを構築した。また、再生可能エネルギーや電力取引の導入が、このような大きな周波数変動の要因となり得ることを明らかにした。(2018.1.9 東大生研プレスリリースより引用)

§ 2 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

- ① 「中間層型電力系統制御基礎理論の構築」グループ
 - ・研究代表者: 井村 順一 (東京工業大学工学院 教授)
 - ・研究項目
 - ・中間型システムの構造設計論の構築 (基盤理論ユニット)
 - ・需要家側制御のための調和型配分計画と運用理論の構築 (需要家制御ユニット)
 - ・クラスター分散設計を可能とするレトロフィット・受動制御理論 (需給制御ユニット)

- ② 「需要制御基礎論の構築」グループ
 - ・主たる共同研究者: 東 俊一 (名古屋大学工学研究科 教授)
 - ・研究項目
 - ・予測ガバナの開発 (PV 予測ユニット)
 - ・需要家集合の解析と設計 (需要家制御ユニット)
 - ・モデル予測型需要制御手法の開発 (主たる共同研究グループ (小林), 需要家制御ユニット)
 - ・需要供給家の分散制御法の開発 (主たる共同研究グループ (櫻間), 需要家制御ユニット)

- ③ 「多様性を利用した調和的エネルギーマネジメント手法の開発」グループ
 - ・主たる共同研究者: 植田 譲 (東京理科大学工学部 准教授)
 - ・研究項目
 - ・PV 予測/需要予測/HDP と連携した調和的蓄電池充放電計画手法の開発 (需要家制御ユニット)
 - ・需要家間の多様性を利用した調和的蓄電池充放電手法の開発 (需要家制御ユニット)
 - ・コラボルーム連携に向けた PV 発電・需要データ整備 (需要家制御ユニット)

- ④ 「時空間領域の高精度PV発電予測・把握技術」グループ
 - ・主たる共同研究者:
大関 崇 (産業技術総合研究所太陽光発電研究センター 研究チーム長) 2017年4月-
村田 晃伸 (産業技術総合研究所安全科学研究部門 グループ長) 2015年4月-2017年
3月
 - ・研究項目
 - ・PV 発電予測技術の高精度化 (PV 予測ユニット)
 - ・複数予測の統合予測技術の開発 (PV 予測ユニット)
 - ・区間予測/外れ値解析技術の開発 (PV 予測ユニット)

- ⑤ 「送配電系効率化・電力高品質化のための分散協調制御・確率制御」グループ
 - ・主たる共同研究者: 太田 快人 (京都大学大学院情報学研究科 教授)
 - ・研究項目
 - ・送配電系の分散協調制御 (主たる共同研究グループ (服部)、送配電制御ユニット)
 - ・電源を有する需要家の制御 (主たる共同研究グループ (服部)、需要家制御ユニットと連携)
 - ・予測外れの影響の定量的評価に基づく需給制御 (需給制御ユニット、送配電制御ユニットと連携)

- ⑥ 「予測型系統制御法の確立とその応用」グループ
- ・主たる共同研究者: 児島 晃 (首都大学東京大学院システムデザイン研究科 教授)
 - ・研究項目
 - ・情報更新型予測制御論に基づく EDC/LFC 制御法の開発 (需給制御ユニット)
 - ・日射量・需要予測の更新, 計画外時を考慮した EDC 修正運用法の開発 (需給・送配電制御ユニット)
 - ・PV 大量導入時の FRT 要件, アグリゲータの動特性を考慮した系統制御法の開発 (送配電制御ユニット)
- ⑦ 「送電系統最適運用手法の開発」グループ
- ・主たる共同研究者: 杉原 英治 (大阪大学大学院工学研究科 准教授)
 - ・研究項目
 - ・送電系統の過負荷問題に対する最適運用手法の構築 (送配電ユニット)
 - ・送配電系統の電圧制御問題に対する最適運用手法の構築 (送配電ユニット)
- ⑧ 「電力系統の階層的モデルと太陽光発電量の時系列予測手法の構築」グループ
- ・主たる共同研究者: 鈴木 秀幸 (大阪大学大学院情報科学研究科 教授)
 - ・研究項目
 - ・電力系統の階層的モデル構築 (基盤理論ユニット)
 - ・太陽光発電量の時系列予測手法の構築 (PV 予測ユニット)
- ⑨ 「パワエレの高活用化による柔軟な送配電系統運用手法・技術」グループ
- ・主たる共同研究者: 造賀 芳文 (広島大学大学院工学研究科 准教授)
 - ・研究項目
 - ・PCS の高機能化制御手法の開発 (送配電ユニット: 需給制御ユニットと連携)
 - ・PV 予測を考慮した柔軟な系統運用手法・技術 (送配電ユニット: PV 予測ユニットと連携)
- ⑩ 「系統／市場調和型階層化分散制御」グループ
- ・主たる共同研究者:
 - 津村 幸治 (東京大学工学研究科 准教授) 2017 年 4 月 -
 - 原 辰次 (東京大学 名誉教授) 2015 年 4 月 - 2017 年 3 月
 - ・研究項目
 - ・系統／市場調和型階層化分散制御理論の構築と設計手法の開発 (基盤理論ユニット)
 - ・リスク軽減・レジリエンス強化と負担配分の関係解明 (基盤理論ユニット)
 - ・情報秘匿性と分散最適化 (基盤理論ユニット)
 - ・電力動揺現象解析 (基盤理論ユニット)
- ⑪ 「次々世代電力系統需給制御手法の開発」グループ
- ・主たる共同研究者: 益田 泰輔 (名城大学理工学部 准教授)
 - ・研究項目
 - ・予測を利用した従来電源・蓄電池システムの計画および運用手法の開発 (需給制御ユニット: PV 予測ユニットと連携)
 - ・予測大外れにも対応可能な経済負荷配分制御手法および負荷周波数制御手法の開発と統合 (需給制御ユニット: 送配電制御ユニットと連携)
- ⑫ 「電力系統運用・市場モデルによる調和型アグリゲータの評価」グループ
- ・主たる共同研究者: 山口 順之 (東京理科大学工学部 准教授)

・研究項目

- ・電力系統運用・市場モデルのアグリゲータ最適化モジュールの開発(需給制御ユニット)
- ・配電系統市場の取引価格算出・約定モジュールの開発(基盤理論ユニット)
- ・電力系統運用・市場モデルによる中間層の融合的な評価(基盤理論ユニット)

(2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

【国際連携】

図5に示すように、主な国際連携として **12 か所の組織と連携(中間報告時は 8 組織)** をしてきた。これにより、国際共同研究論文(論文および査読付国際会議論文)は、全 304 編中 40 編(全体の 13.1%、内、論文は 16 編)となり、約 7 編に 1 編の割合で国際共同研究を実施した。特筆すべきは、NCSU の NSF FREEDM System センターの A. Chakraborty 准教授との共同研究において、井村グループの石崎孝幸助教が提案した「レトロフィット制御」の研究課題で、NSF EPCN プログラム(3 年間) が採択されたり、IEEE のトップジャーナルである Proceedings of the IEEE (IF:10.694)への招待論文、そして、IEEE Control Systems Magazine (IF: 6.228)の解説論文の掲載とともに表紙も飾っ



図5 主な国際連携図

たことなどが挙げられる。

以下に、それぞれの取組と研究成果について説明する。

1. K.H. Johansson 教授と H. Sandberg 教授 (KTH Royal Institute of Technology)

井村グループと、主にレトロフィット制御理論の共同研究をして、国際論文誌 2 編、査読付き国際会議論文 5 編を発表。2018 年 10-11 月に博士学生を派遣し、研究を加速してきた。この滞在がきっかけとなり、2019 年 8 月から K.H. Johansson 教授のグループのポスドクとなった。

2. N. Ramdani 教授 (University of Orleans)

井村グループと、区間予測を用いた需給制御のための区間最適化問題の高速解法の共同研究を行い、国際論文誌 4 編、査読付き国際会議論文 3 編を発表。Ramdani 教授は過去に 2 回井村研究室に滞在したり、井村や石崎、そして博士学生が滞在するなど、双方で滞在し、

- また定期的に Skype にて研究打合せをして共同研究を進めてきた。
3. A. Chakraborty 准教授 (North Carolina State University)
井村グループと、レトロフィット制御を風力発電の励磁系や太陽光発電のパワコンに適用する共同研究を行ってきた。これまでに、国際論文誌 4 編、査読付き国際会議論文 3 編を発表。A. Chakraborty 准教授が 6 月に 2 週間東京に滞在し、9-11 月には井村グループの定本助教が NCSU に滞在し、学習を用いた電力系統制御などの研究を行った。また、NSF EPCN グラント「Retrofit Control: A New, Modular Gyration Control Approach for Integrating Large-Scale Renewable Power」(研究代表者:A. Chakraborty 准教授、2017-2020)の共同研究を進めた。
 4. R. Tempo 博士と F. Dabbene 博士 (CNR-IEIT)
井村グループと電力全般の情報交換を毎年 COOPS ワークショップという形で実施してきた。2018 年に、イタリアグループの Paolo Frasca 准教授が、井村を交通ネットワークに関する大型プロジェクトのワークショップに招聘し、その後、交通ネットワークシステムのモデリングに関する共同研究で 2019 年に査読付き国際会議論文 1 編を発表することに展開した。
 5. V. Gupta 教授 (University of Notre Dame)
井村グループとデマンドレスポンスに関する共同研究を実施し、これまでに、国際論文誌 1 編を発表。2018 年 8 月、2019 年 3 月、2019 年 8 月に井村グループの井上専任講師が Notre Dame に滞在し、デマンドレスポンスに関する共同研究を開始・進展させた。
 6. G. K. Venayagamoorthy 教授 (Clemson University)
井村グループ、植田グループ、山口グループ、大関グループが中心となり、2019 年 4 月に東京理科大、産業技術総合研究所、東工大に招聘し、PV出力推定技術、出力予測の大外れの予見技術、エネルギーネットワークと cellular neural network (CNN) 技術などの共同研究の可能性について意見交換を行った。
 7. C.-C. Liu 教授 (Washington State University → Virginia Polytechnic Institute and State University)
造賀グループと、配電系統制御のための配電系統モデルに関する共同研究を行ってきた。ここ 2 年間は毎年、田岡助教が 1 ヶ月弱ほど Virginia Tech に滞在し、PNNL が開発した GridLAB-D を用いた共同研究を進めてきた。また、杉原グループの杉原准教授が 2020 年 2 月に 9 日間ほど Virginia Tech に滞在し、Liu 教授のラボで開発された不平衡 OPF プログラムを解析するとともに、杉原グループで開発した送電線温度モデルの組み込み作業を一部実施した。
 8. M. Ilic 教授 (Massachusetts Institute of Tech.)
山口グループの山口講師が 2017 年、2018 年と 2 年続けて 1 週間ほど滞在し、コラボレーションルームとの連携等について検討してきた。Ilic 教授が開発中の Smart Grid in the Room Simulator (SGRS)のソフトウェアに火力発電所、水力発電所、揚水発電所のタービン・ガバナモデルを組み込む作業を実施した。今後も完成に向けての作業を継続する。
 9. A. Annaswamy 博士 (Massachusetts Institute of Tech.)
津村グループと、階層型の電力系統制御に関する共同研究を実施し、これまでに、査読付き国際会議1編を発表。毎年度、博士学生やポスドクを含めて双方で行き来し、研究打ち合わせを実施してきている。
 10. R. Udawalpola 博士(Univ. of Ruhuna), K. M. Liyanage 教授 (Univ. of Peradeniya)
益田グループと、需給計画・運用に関する共同研究を行い、これまでに査読付き国際会議論文 4 編(原著論文 219, 220, 265, 280)を発表。
 11. T. Tayasanant 准教授(Chulalongkorn Univ.), C.N. Lu 教授(NSYSU), K.C. Sou 助教(NSYSU)
益田グループと、2018 年より電力系統の柔軟性と回復力の評価に関して共同研究を開始している。
 12. P. Rapisarda 教授 (Univ. of Southampton)
太田グループと、パワーエレクトロニクス機器の制御に関する共同研究を行い、これまでに査

読付き国際会議論文 2 編を発表。

【産業界等との連携】

1. HARPS コンソーシアム(HARPCON)の設立

社会実装を見据えた研究展開を実現するために、2016年3月に HARPS コンソーシアム設立準備会(参加者数 61 名)を開催し、同年 4 月より正式に活動してきた。現在のメンバーは、開始当初 8 企業(正メンバー 7 社、オブザーバ 1 社)および、電力専門家として、電力中央研究所から 4 名、中島チームの岩船由美子教授(東大)、さらに、東京工業大学の先進エネルギー国際研究センター(センター長 柏木孝夫教授)との連携で小田拓也特任教授に参加いただき、計 22 名の外部者で開始し、現在は、企業については 11 企業まで増えて、計 42 名の外部者となってきた。これまで、準備会以外に、半年に 1 回のペースで計 6 回の HARPCON 会議(平均参加者 50 名)を実施してきている。各会は特別講演に加えて、HARPS 内でのアグリゲータ設計に関する最新の研究成果を数値シミュレーション結果を用いて報告するなど、活発に意見交換をしてきている。

表 1 HARPS コンソーシアムの活動

開催日	名称	発表者/題目
2019.04.26	第6回 HARPCON会議・第6回HARPS全体会議 東京工業大学大岡山キャンパス 西 8 号館 E 棟 10F 大会議室 13:00-17:30	石田文章(関西電力株式会社 研究開発室 技術研究所 主幹) 題目:電力システムとP2P電力取引の方向性 瀬川浩司(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻教授) 題目:大量導入時代を迎えた太陽光発電を取り巻く課題と展望 ~太陽光発電の新たな挑戦~ 井村順一(東工大) 題目: HARPS 研究活動のまとめ
2018.08.31	第5回HARPCON会議 東京理科大学神楽坂キャンパス 1 号館 17 階 大会議室 9:30-12:00	村田昇(早稲田大学理工学術院 教授) 題目: 小規模 EMS における機械学習の応用 川口貴弘(東工大) 題目: 機械学習を用いた前日スポット市場における売買計画
2018.02.27	第4回HARPCON会議 東京理科大学葛飾キャンパス 講義棟 503 教室 9:30-12:00	下田吉之(大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 教授) 題目: エネルギーマネジメントのための民生部門エネルギー需要モデルの開発と応用 石崎孝幸(東工大) 題目: 前日スポット市場における蓄電システムの利潤分析
2017.06.23	第3回HARPCON会議 東京工業大学大岡山キャンパス 西 8 号館 E 棟 10F 大会議室 9:00-12:00	大関崇(産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター PVSAT 研究チーム長) 題目: 太陽光発電の課題と今後の展開 ~ポストFITに向けて~ 山口順之(東京理科大) 題目: HARPCON における 卸電力価格のシミュレーション方法 小池雅和(海洋大) 題目: 需給調整市場を考慮した前日スポット市場における蓄電池の最適運用計画
2017.01.12	第2回HARPCON会議 東京工業大学大岡山キャンパス 西 8 号館 E 棟 10F 大会議室 15:00-17:30	小林弘典(産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 電池技術研究部門 総括研究主幹) 題目: 定置用蓄電池の最近の技術開発動向 石崎孝幸(東工大)、小池雅和(海洋大): 前日スポット市場における収益最大化のための 最適な蓄電池導入規模の解析
2016.06.15	第1回HARPCON会議 東京理科大学葛飾キャンパス 講義棟5F 501 教室 16:00-	井村順一(東京工業大学) 題目: HARPCON シナリオ設定のための検討 -アプローチ- 植田 譲(東京理科大学) 題目: シナリオ設定のための検討-

	18:00	日本の気候変動対策とPV, EMS 機器導入の見通し 山口 順之(東京理科大学)題目: シナリオ設定のための検討-電力市場と評価
2016.03.22	HARPCON設立準備会 東京工業大学大岡山キャンパス 西 8 号館 E 棟 10F 大会議室 13:00-17:00	岩船 由美子 (東京大学) 題目: 再生可能エネルギーの普及拡大に向けた政策の動向 井村 順一 (東京工業大学) 題目: HARPCON の活動に向けて 大竹 秀明 (産業技術総合研究所) 題目: 太陽光発電予測の現状 福見 拓也 益田 泰輔(エネルギー総合工学研究所) 題目: 太陽光発電が著しく大量に導入された電力系統における需給運用について 植田 謙(東京理科大学) 題目: アグリゲータの役割と設計について 山口 順之(東京理科大学) 題目: コラボレーションルーム構築 井村 順一(東京工業大学) 題目: 今後の活動について

2. 電力関連組織等との面談

2016年3月に HARPCON 設立に際し、参加をお願いしたすべての企業、組織との面談(計 10 組織)を行い、本研究に関する意見交換を行うとともに各組織の取り組みについてもヒアリングした。その後、設立準備会を含めて、計 7 回の会合を開催してきた。また、OCCTO とデータ開示の扱いに関する面談を行い、その詳細を確認した。さらに 2017 年 9 月より、太陽光発電による影響が大きい九州電力との面談を行い、現在の状況・将来の構想について意見交換した。2017 年 9 月以降の約 2 年間で、テクニカルソリューション統括本部 総合研究所 系統高度化グループと、計 4 回、出力抑制の状況などの情報交換を行い、太陽光発電における大量導入の際の状況把握を行ってきた。

3. 気象庁との連携

大関グループの気象庁気象研究所 山田芳則氏により、気象庁の気象データ (GPV) を HARPS メンバーが研究に利用できるようにするための契約を東京工業大学工学院院长と気象研究所長の間で行った。予測誤差の分析結果について得られた成果については、気象庁内の放射関連の研究会に参加し、情報共有を行った。また、気象ビジネス推進コンソーシアムにおいて、一般向けのセミナーによる HARPS における気象・PV 発電データを用いたエネルギーマネジメントについての取り組みを紹介するとともに、同コンソーシアムの人材育成ワーキンググループにおいて、HARPS で作成したデータを用いた産業・ビジネスへの応用について意見交換を行った。

【若手育成・勉強会】

専門家を招待し特定の研究分野を勉強したり、HARPS 学生メンバーによる発表会を行う学生・若手異分野研究交流会 11 回や、国内外からの著名な研究者や新進気鋭の若手研究者 HARPS セミナー17 回、見学会 3 回(電中研、産総研 FREA、東電)を実施し、外部との交流の場として計 31 件(中間報告19件)の企画を行った。