

電力・エネルギーシステムの確率モデルと最適化に関する調査専門委員会  
設置趣意書

分野横断型新システム創成技術委員会

## 1. 目的

電力・エネルギーシステムにおいては、地球温暖化の進展や、これに対抗するコストばかりでなく、再生可能エネルギー電源の出力変動や電力・エネルギー市場の動向、新技術の開発・普及、自然災害、電力・エネルギー需要など、多様で大きな不確実性を孕んでいる。こうした不確実性に対し、確率論に基づく適切な問題設定と正しいデータ活用により、十分な解を得ることが、国民の安全と安心を確保し、一人ひとりが多様な幸せ (well-being) を実現できる、持続可能性と強靱性を備えたスマート社会の構築に強く求められている。

そこで本調査専門委員会では、電力・エネルギーシステムの不確実性を考慮し、エネルギーセキュリティ、経済合理性、環境適合、安全性の3E+Sを達成するため、確率論に基づく具体的な問題設定と数理モデリング、その最適化手法を明らかにする。

## 2. 背景および内外機関における調査活動

近年、地球温暖化に対する危機感が世界的に高まっている。世界各国でカーボンニュートラルに向けた取り組みが表明され、太陽光発電や風力発電などの変動性再生可能エネルギー電源の大量導入が進められており、電力需給の不確実性が増大している。加えて、温室効果ガス削減の費用負担や国際紛争によるエネルギー供給途絶も大きな不確実性を有しており、これらへの懸念も増してきている。また、ITの進展により豪雨や台風、震災などの自然災害の様相を従来よりも明確に把握することができるようになり、災害時停電の適切な対応への要請が強くなっている。さらには、水素社会の到来やAIなどのデータセンターの電力需要の飛躍的な増大、運輸部門の電化の進展により、電力・エネルギー需要についても不確実性を考慮することの重要性が増している。

これらの不確実性に立ち向かうためには、データの有効活用が不可欠である。近年、データのオープン化が確実に進められている。国家施策としては、内閣府のSociety 5.0に関する活動があり、さらに総務省では電子行政オープンデータ戦略に基づいて公共データの活用促進が進められている。電気事業に関するデータも、経産省や広域的運営推進機関(OCCTO)、一般送配電事業者、日本卸電力取引所(JEPX)、電力調整力取引所(EPRX)、環境共創イニシアチブ、電力データ管理協会などが公開しており、再生可能エネルギー電源の導入量や電力需給、ネットワーク、市場価格、需要家単位のエネルギー需要などのデータが提供されている。研究機関や大学でもデータを整理し、公開している。例えば国立情報学研究所はエレクトロカル・ジャパンという電力情報公開サイトを開設している。東北大学大学院中田俊彦研究室はJapan Energy Database (SIP)「IoE社会のエネルギーシステムのデザイン」(サブテーマ:地域エネルギーシステムデザインのガイドラインの策定)の研究成果としてデータ公開をしている。国際的にはRenewable.ninjaやElectricity Mapなどが再生可能エネルギー電源や二酸化炭素排出量などを公開する情報公開サイトも存在する。データ公開が進んでいる。さらに、学術論文で使用されたデータの公開も進められている。例えばIEEEでは、データ公開サイトIEEE DataPortを設置している。

計算機やソフトウェアの性能向上が、大量のデータを用いて不確実性を高度に数値的に扱うために必要不可欠である。近年既に計算性能は飛躍的に向上している。線形計画法、混合整数線形計画法、二次計画

法などの問題のクラスでは、現在かなりの大規模な問題も現実的な時間で解ける様になっている。これにより確率論に基づく定式化による最適化問題も取り扱われるようになっている。

このような不確実性の増大の中、適切な問題設定と正しいデータ活用により、満足な解を得ることが、国民の安全と安心を確保し、一人ひとりが多様な幸せ (well-being) を実現できる、持続可能性と強靱性を備えたスマート社会の構築に強く求められている。

これまでの電気学会における関連する活動は次のとおりであり、電力・エネルギーシステムの確率的な特性に焦点を当てた数理モデリングや最適化に関する活動は行われていない。我が国の研究用の標準電力システムモデルについては、技術報告第 754 号「電力システムの標準モデル」(1991 年 11 月) が出版されており、計算可能なデータが電気学会ウェブサイトからダウンロード可能となっている。また技術報告第 1386 号「電力需給・周波数シミュレーションの標準化解析モデル」(2016 年 12 月) が出版され標準データが CD ROM で提供されている。産業分野の最適化問題については、電気学会技術報告第 1287 号「産業応用のための最適化ベンチマーク問題集」(2013 年 7 月) 電気学会技術報告第 1365 号「産業応用のためのシステム最適化とベンチマーク問題」(2016 年 2 月) が出版されている。これらは、電力系統解析ならびに、産業分野での最適化の研究開発に際して研究者ならびに実務者に幅広く利活用されているが、確率論を中心とした整理はなされていない。確率論に関連する調査活動については、技術報告第 1514 号「雷リスク評価に基づく社会インフラの絶縁・EMC 設計」(2021 年 6 月) や技術報告第 1422 号「風力発電システムの雷リスクマネジメントの現状と今後のあるべき姿」(2018 年 2 月) など、雷リスクに関するものがあるが、これらは電力・エネルギーシステムを直接取り扱うものではない。機械学習や人工知能については、技術報告第 1373 号「機械学習のサービス指向システムへの応用」(2016 年 5 月) や、電力システムの監視制御自動化に貢献する AI 技術動向調査専門委員会(活動中、2024 年 4 月から 2026 年 3 月まで) があり、機械学習や AI 全般を扱っているが、本委員会は不確実性のモデリング・最適化・解法に焦点を当てる。

### 3. 調査検討事項

主に以下の項目を対象とする。

#### (1) 電力・エネルギーシステムの問題とそこに内在する不確実性

本調査委員会にて検討する電力・エネルギーシステムの問題設定を行い、そこにどのような不確実性が存在し、それが社会にどのような影響を及ぼす恐れがあるのかを丁寧に整理する。その上で、電力・エネルギーシステムの問題における不確実性の全体像を示す。

#### (2) 電力・エネルギーシステムに関連のデータ

近年、公開が進んでいる様々な電力・エネルギーシステムに関連のデータを列挙した上で、特に重要なものや特徴のあるものについて、データの意味や特徴などを整理する。

#### (3) 電力・エネルギーシステムの問題を表現する確率的数理モデル

電力・エネルギーシステムの問題を表現する様々な数理モデルを調査する。太陽光発電や風力発電など変動性の再生可能エネルギー電源の出力や、各種設備の故障確率、電力・エネルギー商品の市場価格、災害発生、電力・エネルギー需要、気象情報などを対象とし、確率分布や確率過程モデルなどの適用事例を検討する。実務・学術の両面でよく知られるモデルや新しい動向を調査する。

#### (4) 電力・エネルギーシステムの問題に挑む確率的評価・最適化

電力・エネルギーシステムの問題を解決するための評価化手法と最適化手法を調査する。ロバスト最適化、期待値最適化、機会制約最適化などの枠組みと、動的計画法、2段階最適化、多段階最適化、モンテカルロ・シミュレーションなどの求解手法について、実務・学術の両面でよく知られるモデルや新

しい動向を調査する。

(5) 応用事例・成果

電力・エネルギーシステムの問題における不確実性に対し、実務上どのようなアプローチが取られ、成功しているのか、事例を調査する。

(6) 将来展望

今後、電力・エネルギーシステムの問題における不確実性をどのように克服していくのか将来展望を示す。

4. 予想される効果

不確実性を伴う電力・エネルギーシステムの問題に対し、適切な問題設定がなされ、データ活用が進み、数理モデルと解法、成功事例が整理されることで、経済・社会・個人にとって満足な解が得られるようになるための実務・学術の環境構築が進展する。

5. 調査期間

2025年（令和7年）4月～2027年（令和9年）3月

7. 活動予定

委員会	4回／年	幹事会	4回／年
見学回	1回／年		

8. 報告形態（調査専門委員会は必須）

技術報告単行本，全国大会シンポジウム，国際会議でのオーガナイズドセッションによる発表をもって成果報告とする。