

エネルギーのデジタル化と それに伴うデータ活用技術

エネルギーのデジタル化とそれに伴うデータ活用技術調査専門委員会 編

(発行日 2024年5月1日)

目次	
1. はじめに	03
1.1 委員会の活動状況	04
1.2 本技術報告書の構成	05
2. 研究の動向	06
2.1 知的財産の観点から見た電力取引の動向	06
2.2 電力ブロックチェーン取引の学術論文動向	11
3. 市場動向や関連制度	15
3.1 電力デジタルビジネスとP2P電力取引・環境価値取引の展望	15
3.2 非化石証書の市場の動向について	18
3.3 特定計量制度について	20
4. 新たな電力流通システムを実現するためのエネルギーのデジタル化技術	25
4.1 スマートインバータ	25
4.2 グリッドフォーミングインバータの紹介	31
4.3 デジタルグリッドルータ多数台連系による系統構築型同期配電網のシミュレーションと実機検証	35
4.4 新型デジタルグリッドルータの開発コンセプトと多数台同期連系について	42
4.5 P2P電力取引関連技術について～ブロックチェーンの動向～	48
4.6 P2P電力取引デモシステム	50
4.7 レドックスフロー蓄電池によるVRE計画送電手法	54
5. 国内事例	58
5.1 浦和美園プロジェクト概要	58
5.2 浦和美園プロジェクトの約定結果分析	62
5.3 東富士におけるP2P電力取引プラットフォーム実証プロジェクト	65
6. まとめ	74

エネルギーのデジタル化とそれに伴うデータ活用技術調査専門委員会委員

委員長	田中謙司(東京大学)	委員	木村和峰(トヨタ自動車)
幹事	クエンリョウアンチエト(筑波大学)		木下喜仁(日立製作所)
	岡本信治(立山科学)		熊崎寿久(日立アイイーシステム)
幹事補佐	竹下徹(フジクラ)		三枝功典(BIPROGY)
委員	阿部力也(デジタルクリットコンソーシアム)		武田泰弘(TRENDE)
	石田隆張(明星大学)		原田達朗(オフィス原田)
	石田文章(関西電力)		山口順之(東京理科大学)
	上原征士(USD)		渡辺昇五(日本電気計器検定所)
	上玉利哲也(テセラテクノロジー)	途中退任	辻井佑樹(日立製作所)

1. はじめに

脱炭素社会への関心は、過去に類を見ないほど高まっている。パリ協定は、2015年に開催されたCOP21で採択され、世界共通の長期目標として2℃目標（世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに1.5℃に抑える努力を追求すること）を掲げた。日本も、2020年10月、2050年までにカーボンニュートラル（温室効果ガスの排出を全体としてゼロにすること）をめざすと宣言した。

国際的な脱炭素化の流れを受けて、再生可能エネルギー電源や蓄電池をはじめとする分散型リソースが台頭してきた。固定価格買取制度(Feed in Tariff)のような推進政策が各国で導入されたこともあり、再生可能エネルギー電源の導入コストは急速に低減した。需要家側リソースに目を向けると、家庭用PVだけではなく、電気自動車(EV)、家庭用蓄電池、家庭用燃料電池も身近な存在となった。

分散型リソースの導入が進むとき、電力系統はどのように運用されるべきか。電力系統の運用は、従来、少数の電力会社による中央集権型を指向してきた。発電者と消費者の役割は分離し、電力の流れは一方的であった。今後は、情報を集約して制御を指令するトップダウン的なアプローチだけではなく、各自や各地で融通し合うボトムアップ的なアプローチによる運用も考慮する必要がある。需要家は、分散型リソースによって発電者と消費者の双方の役割を担うプロシューマとなり、電力の流れは双方向的となる。また、需要家側リソースは各需要家に資する目的で導入されており、その行動原理やモチベーションは一樣ではない。そのような双方向的で多種多様な電力融通を扱うためにも、電力系統の運用は、中央集権型だけではなく自律分散型も指向するものと考えられる。

エネルギーインフラの変容と時を同じくして、デジタル分野もめまぐるしい変化を見せている。スマートフォンやソーシャルメディアの普及により、インターネット上のデータは爆発的に増大した。センサの普及により、仮想空間だけではなく現実空間のデータの収集も進み、Internet of Things (IoT)の波を生んだ。このようにして得られたビッグデータは、「データは新しい石油である」 “Data is the new oil.” を引用するまでもなく、価値の源泉として期待されている。

さらに、データからインサイト(洞察)を発見してサービスにつなげる技術、すなわちデータ活用技術も注目されている。データは収集しただけでは真価を発揮しない。データに隠れた傾向や規則を見出し、予測や判断につなげて、はじめて価値が生まれる。近年は、人工知能(AI)の発達が著しい。機械学習の分野では、高度なアルゴリズムが日進月歩で開発されている。コンピュータがデータから特徴量を抽出する深層学習の分野も脚光を浴びている。膨大なデータを収集する技術と、収集されたデータから価値を見出

す技術が揃い、第4次産業革命とまで称されるに至っている。大量生産される製品やサービスでありながらカスタマイズされた製品やサービスの提供、効率的な運用、AIやロボットによる労働の補助や代替、などが期待されている。企業活動におけるデータ駆動型(Data Driven)やデジタルトランスフォーメーション(DX)の事例は枚挙に暇がない。電力の分野では、電力自由化を受けて導入が進んだスマートメータと、スマートメータによって収集された電力需要データを上げることができる。電力需要データを活用したサービス化の事例も増えつつあり、物流や医療など業種を超えた事例も登場してきた。

エネルギーのデジタル化やデータ活用の重要性が唱えられたのは、今に始まったことではない。それどころか、歴史を紐解けば、10年近く前にはこれらの概念は出揃っていた。生産消費者（プロシューマ）は、1980年に未来学者アルビン・トフラーが「第三の波」の中で提唱した。デマンドレスポンスの前身であるネガワットが提唱されたのは1990年頃、スマートグリッドが規格化されたのは2010年頃である。ブロックチェーンが発明されたのは2008年であり、分散型アプリケーション(DApps)やスマートコントラクトのプラットフォームで知られるイーサリアム(Ethereum)が構想されたのは2013年である。

それでは、なぜ改めてエネルギーのデジタル化とデータ活用に注目する必要があるのか。それは、近年、これらが社会実装されてきたためである。インバータやブロックチェーンなどコンポーネント技術が成熟してきた。さらに、分散型リソースの制度的な役割や位置付けも議論が進んできた。自律分散的な電力融通は、もはや概念だけ先走った絵空事ではなく、エネルギーインフラの未来像の一つである。

本委員会は、新たな電力流通システムを実現するためのエネルギーのデジタル化と、価値創出のためのデータ活用を、技術面と制度面から調査することを目的とする。活動期間は、2020年5月から2022年2月までであり、本技術報告書（本書）は、活動により得られた調査結果をまとめたものである。本書が、エネルギーのデジタル化とデータ活用技術の普及や促進、さらにはこれらに関わる研究開発テーマやビジネスモデルを検討する一助となると幸いである。

本章は、1.1で委員会の活動状況について述べた後、1.2で本書の構成について述べる。