

デジタルユーティリティ アセットマネジメント

エネルギー移行の根幹を整備する

発電、送配電および再生可能エネルギー業界におけるデジタルトランスフォーメーション

本レポート「デジタルユーティリティ アセットマネジメント：エネルギー移行の根幹を整備する」は、Deloitte Research Center for Energy & Industrialsによる電力業界のデジタルトランスフォーメーションに関するレポートシリーズの第3弾です。このレポートシリーズの発行は、発電、送配電および再生可能エネルギー業界のエグゼクティブが、業界内で推進されるエキサイティングな未来を探求し、その未来において成功するために必要なデジタル化の道筋を計画できるようにサポートすることを目標としています。



第1弾の *Digital Innovation: Creating the utility of the future* (デジタルイノベーション：未来の電力会社を創出する) (2019年4月) には、業界で変化を推進する「趨勢」の概要が記載されています。具体的には、企業がこれらの「趨勢」に対応するために、デジタルトランスフォーメーションにどのように投資しているか、顧客、従業員、資産／送配電網の観点から見たデジタルの未来はどのようなものなのか、企業はデジタル化の取組みをどのようにスタートできるのかなどが整理されています。



第2弾の *The utility customer of the future: Operating an energy platform built for elevated human experiences* (2020年2月、英語版) では、ご家庭のお客様が電力システムに連系し、住居がスマートホーム化し分散電源化する世界で、送配電事業者がご家庭のお客さまとの関係性をどのように維持し、高めることができるのかなどが調査されています。

デジタルトランスフォーメーション (DX) に成功した電力会社は、プロセスを改善し、お客さまに対する理解を深め、従業員の潜在能力を最大限に引き出し、セキュリティの強化やリスクを低減することで、大きな恩恵を得ることができます。デロイトは、デジタルトランスフォーメーションに対し「見る (see)、考える (think)、行動する (do)」のアプローチを提唱しています。このアプローチを通じ、ニーズと機会の特定、将来像の視覚化、そしてプロセスと戦略設計を深い知見に基づき支援することで、貴社の目指すビジョンをサポートし、そのビジョンを実現する現場作業を推進します。詳細については[こちら](#)をご覧ください。

目次

| | |
|---|----|
| はじめに | 2 |
| 5つのディスラプターおよびアセット種類の増大に伴う 新たなアセットマネジメント戦略への移行 | 3 |
| 「デジタルユーティリティ アセットマネジメントモデル」による デジタルトランスフォーメーションの取組み計画の支援 | 5 |
| 電力会社のバリューチェーンにおける デジタルトランスフォーメーションの取組み | 7 |
| 次のステップ：デジタルアセットマネジメント戦略の策定 | 15 |
| 日本のコンサルタントの見解 | 17 |
| 巻末注 | 19 |

はじめに

電力業界はクリーンエネルギーへの移行をリードしており、多くの電力会社は再生可能エネルギーを戦略の中心に据えてきています。この変化により、電力会社は、より新しくより多岐にわたるアセットと増加する高経年化アセットを統合管理する必要が生じています。それらのアセットの価値は合わせて約1.2兆ドルに上ります¹。また、企業による自社事業の電化およびデジタル化の推進、消費者による在宅勤務の増加が進む中、クリーンで中断することがなく手頃な料金の電力供給に対するニーズが高まっています。さらに、新型コロナウイルス感染症のパンデミックやサイバーリスクの急増などの他の要因も重なり、コスト、リスク、およびパフォーマンスのバランスをとりながらアセットを管理する重要性が高まっています。

しかし、信頼性、レジリエンス、およびセキュリティを強化しながら、よりクリーンな電力源に移行することは非常に難しい課題です。それを達成するため、企業は従来のアセットマネジメント戦略から脱却し、堅牢なデータガバナンスとサイバーセキュリティを核とした包括的なデジタル戦略の開発が必要になります。デロイトの調査では、残念ながら、ほとんどの電力会社はデジタル化に足を踏み入れたばかりであり、

ゲームチェンジャーとしてすべてのメリットを引き出せる包括的で全体を俯瞰する視点でデジタルトランスフォーメーションに取り組んでいないことがわかっています。

本レポートは、発電、送配電および再生可能エネルギー業界のデジタルトランスフォーメーションに関するシリーズの第3弾であり、デロイトの「デジタルユーティリティ アセットマネジメントモデル」に関して説明しています。このモデルはサイバーセキュリティとデータガバナンスを中核とし、9段階の進化を通してデジタルアセットマネジメントの取組みを展開するフレームワークで、発電、送配電事業者および再生可能エネルギー企業がその取組みのどの段階にいるのか、そして、リスク情報に基づき、データドリブンでデジタルアセットマネジメント戦略を開発するために、どのような手順を検討する必要があるのかについて述べています。価値ベースの意思決定を行うためのシステムを構築することは、電力会社がよりクリーンで、より信頼性・レジリエンスが高く、安全な次世代の送配電網を構築するのに役立ち、それが電力業界におけるエネルギー移行の根幹になります。

デロイトの調査によると、ほとんどの電力会社はデジタル化に足を踏み入れたばかりであり、すべてのメリットを引き出すためのゲームチェンジャーとなるような包括的で全体を俯瞰する視点を持ったデジタルトランスフォーメーションに着手していません。

5つのディスラプターおよび アセット種類の増大に伴う新たな アセットマネジメント戦略への移行

図1

5つのディスラプターによる新たなアセットマネジメント戦略の展開

電力会社が直面する主な課題

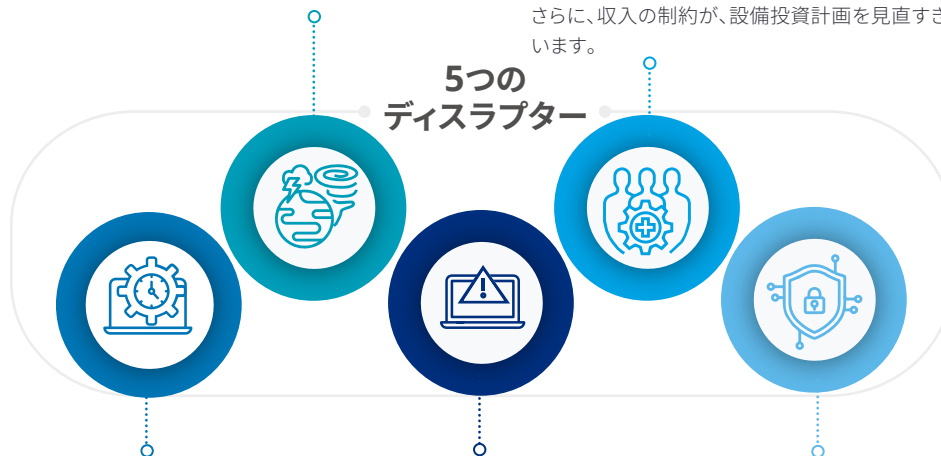
自然災害の深刻化

米国では、被害額が10億ドルを超える災害の年間発生件数が、1980年から2019年までの40年間で7件であったのに対し、2015年から2019年の4年間で14件と、2倍になっています^a。頻発化・激甚化する異常気象に加え、設備の高経年化も重なり、社会的損失が大きい停電が発生する可能性があります。

公衆衛生の向上と新たな需要動向への対応

新型コロナウイルス感染症により、より迅速な意思決定能力の必要性が重視されるようになりました。

労働者と学生の在宅時間が長時間になったため、送配電事業者は変化する新たな需要パターンに対応できる戦略が必要になりました。また、ソーシャルディスタンスにより、リモートでの新しい設備メンテナンス手法の必要性が高まり、サプライチェーンのディスラプションにより設備調達の手法が多様化されています。さらに、収入の制約が、設備投資計画を見直すきっかけとなっています。



設備の高経年化

米国における送電・配電インフラへの年間投資額は、2011年から2020年の間で2倍の545億ドルになりました^b。

ほとんどの設備は60年から70年前から使用していますが、当初の想定耐用年数は50年でした^c。

原子力および化石燃料の発電所の平均経過年数は35年から50年ですが、水力を除く再生可能エネルギー発電所は22年以下です^d。

サイバー・フィジカルの脅威の高まり

電力インフラは、サイバー空間およびフィジカル空間で送配電網の運用妨害および設備の損害を目論む悪意ある攻撃者によってますます脅威にさらされています。

米国では、電力系統がサイバー攻撃を受けた場合、2,430億ドルから1兆ドルの費用がかかるの見込んでいます^e。

規制当局の監視と義務の増大

パフォーマンスベースの規制への移行が進むにつれ、送配電事業者は投資のメリットを適宜確認することを要求され、より高度なモニタリングと分析が必要になる場合があります。

また、進化するサイバーセキュリティに対する義務および支出は固定資産に該当するかに関する難解なルールに準拠しなければなりません。

出所:^a Adam B. Smith, 「2010-2019: A landmark decade of U.S. billion-dollar weather and climate disasters」, National Oceanic and Atmospheric Administration Climate.gov, 2020年1月8日。

^b S&P Global Market Intelligenceによる2011年～2020年設備投資データベースの分析。Jason Lehmann, 「Utility electric T&D capex on upward trend; forecast surpasses \$54B in 2020」, S&P Global, 2020年11月9日。

^c S&P Global Market Intelligenceによる発電所に関するデータに基づいたデロイトの分析。

^d 同上。

^e Lloyd's of London and University of Cambridge Center for Risk Studies, 「Lloyd's report: Cyberattack on the US power grid could cost over \$1 trillion dollars」, 2015年7月16日。

厳しさを増す5つの課題に対応するため、多くの電力会社はアセットマネジメントのための新しいツールとプロセスを模索しています(図1)。

その一方で、管理すべき設備の種類は増大し、より複雑になっています。最近までは、アセットマネジメントは通常、コンプライアンス主導でさまざまな部門により実施され、時には、特注のデータ集計に基づいて独自のレポートをメンテナンスする従業員により実施されることもありましたが、システムは完全に接続されておらず、リアルタイムで更新されないこともあり、送配電事業者は、システムに関して数十年にわたる知識と経験を持つ熟練した従業員に大きく依存し、彼らの退職後、後任者の選定が困難な状況でした。リスク管理は、常に確率的なデータに基づいているわけではありませんが、管理すべき設備の種類が急激に増大し複雑さも増している中、既存のリスク管理のアプローチでは持続不可能になっています。

- **設備数の増加**：再生可能エネルギーおよび分散型エネルギー資源(DER)の普及に伴い、送配電事業者は20年前と比較して10倍の設備数を管理しています。そして、設備は今後も増え続ける可能性があります²。残念ながら、送配電事業者自体は、これらDERのほとんどを所有していないため、送配電網への影響の管理または制御における課題が増加します。また、風力発電と太陽光発電は間欠的な性質を持つため、電力の負荷と供給のバランスを取る追加のソリューションが求められます。米国におけるDERの設備容量は、2020年から2025年までに累積で1,103億ドルが投資され、2025年までに387ギガワット(GW)に達すると予測されています³。

- **設備の複雑さの増大**：電力会社における設備のライフサイクルは、再生可能エネルギーの追加、それらのエネルギーを送配電網にスムーズに取り込むために必要なインフラの追加により、ますます複雑になっています。また、情報技術(IT)と運用・制御技術(OT)(電力会社の物理的インフラを制御するシステム)の融合により⁴、多くの設備には、設備寿命、減価償却率、運用シナリオおよび保守要件が異なる電子部品が組み込まれています。この混在する電子部品の管理を支援するため、電力会社はエネルギー貯蔵、スマートメーター、センシング装置、データ、ソフトウェア、ファームウェア、ハードウェアなどの新たな種類の資産を導入しています。そのため、電力会社が管理する必要のある資産の複雑さも増えています。

電力業界のディスラプターが深化し、設備が増え、複雑になるにつれ、それらを管理するためのツールとテクノロジーも進歩しました。センサーの普及によって、より頻繁にさまざまな指標が提供されるようになっていきます。新たな通信技術がこれらのセンサーからの高速なデータ転送を可能にし、クラウドコンピューティングがデータ分析の範囲を拡大し、分析速度の上昇を可能にしています。また、人工知能(AI)は過去のデータから学習することで、将来予測に貢献します。このような技術の進歩が、アセットマネジメントの手法を新たにします。また、アセットマネジメントの改善は、運用効率の向上、コスト削減、設備の平均寿命の延伸、信頼性の向上、および安全性の向上に役立ちます。しかし、デジタルトランスフォーメーションを通じてこれらのメリットを享受するには、包括的なフレームワークが必要となります。成功事例の多くは、ロードマップの作成から開始しています。

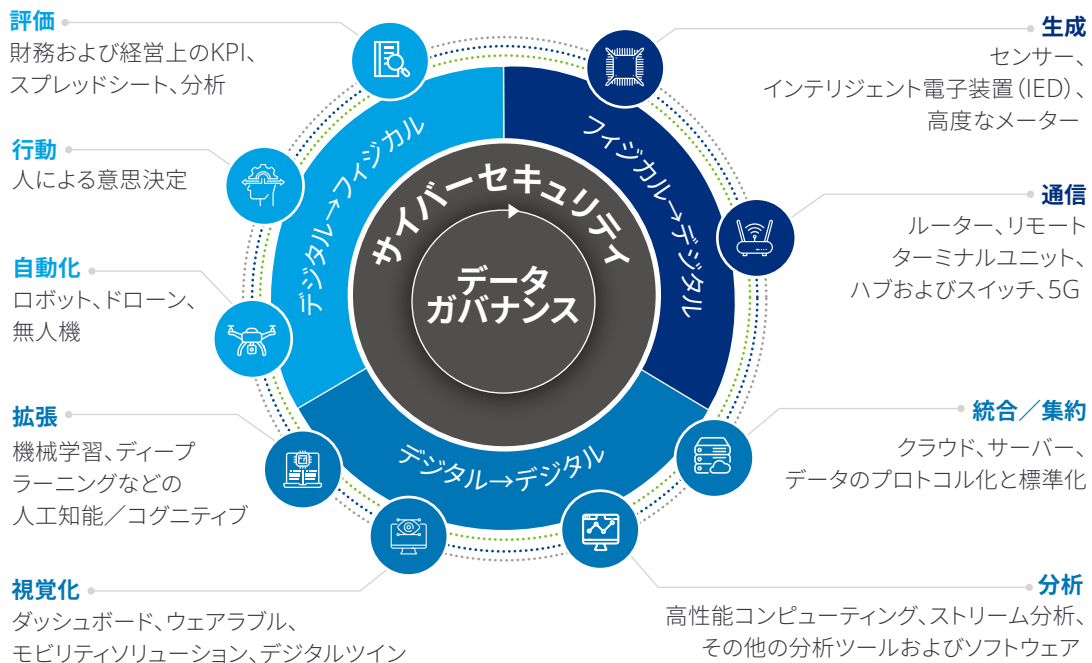
「デジタルユーティリティ アセット マネジメントモデル」による デジタルトランスフォーメーションの 取組み計画の支援

アセットマネジメントのデジタル化は、「直感に基づいて意思決定を行う」のではなく、データドリブンでリスク情報に基づいて意思決定を行うことを意味します。「デジタルユーティリティアセットマネジメントモデル」は、設備資産をデジタル化して有効化する基本的な取組みを説明するフレームワークです（図2）。この取組みは、サイバーセキュリティとデータガバナンスを核としたサポート

技術に支えられています。また、この取組みは、段階的に進めていくのではなく、企業が包括的なビジョンと目的を特定し、ビジネス上の具体的な成果につながるようにカスタマイズされたロードマップを備えて統合ソリューションを構築する必要があります（「次のステップ：デジタルアセットマネジメント戦略の策定」のセクションをご覧ください）。

図2

デジタルユーティリティ アセットマネジメントモデル



注:「デジタルユーティリティ アセットマネジメントモデル」の9つのフェーズの定義については、次のページをご覧ください。
出所: デロイトの分析より

「デジタルユーティリティ アセットマネジメントモデル」におけるフィジカルーデジタルーフィジカル (PDP) のデジタル進化のループには9つのフェーズがあります。

| | |
|---|---|
|  | 生成 ：電力システムの設備資産を監視するセンサー、カメラ、およびその他のインテリジェント電子装置 (IED) からフィジカル空間の状態をとらえるデータ (温度、湿度、気圧、電圧、電流、負荷／使用量、視覚的な詳細などに関するデータ) を生成します。 |
|  | 通信 ：監視制御・データ収集 (SCADA) システムや企業資産管理 (EAM) システムなどの中央処理システムにデータを送信します。 |
|  | 統合／集約 ：共通のリポジトリ内のデータを組み合わせて、ユーザーアクセスとシステム／アプリケーションの統合を可能にします。外部データを追加し、必要に応じて標準化します。増え続けるデータおよび分析ソフトウェアは、オンプレミスまたはクラウドのいずれかに保管されることがあります。 |
|  | 分析 ：利用可能なデータを活用し、実用的なインサイトを提供するために適切なツールとプロセスを導入します。インサイトにより、リスク、コスト、およびパフォーマンスのバランスをとるための設備資産戦略と行動を推進することが可能です。 |
|  | 視覚化 ：データと分析を活用して、統合されたリアルタイムのダッシュボードを作成し、決定事項を提示します。たとえば、地理空間情報プラットフォームでは、場所と企業の設備情報の他に、気象条件や部品コストなどの外部データを組み合わせる場合があります。これは、状況認識力を高め、資産リスクを予測し、先を見越した行動を提示する助けとなります。また、一部の電力会社は、設備設計、製造、検査、修理、センサーなどのデータを統合するデジタルツインを作成することにより、設備の「仮想化」も行っています。このデジタルプロファイルは、設備の過去、現在、および予想される挙動に関するインサイトを提供し、設備の耐用年数を通じた健全性とパフォーマンスを予測するのに役立ちます。 |
|  | 拡張 ：機械学習などのコグニティブ機能を使用して、現在および過去のデータを分析し、資産の将来の状態と挙動を予測します。これは、アセットマネージャーが修理／交換の決定を行い、円滑にシナリオプランニングを行うのを支援します。コグニティブ機能による支援は、(スケジュールに基づいた) 計画保全または (設備の現状と使用状況に基づいた) 予知保全など、よりコストのかかる保全方法から一歩進んだ予知保全を可能にします ^a 。 |
|  | 自動化 ：拡張を実現する技術により、このモデル内の「デジタルーフィジカル」にプロセスが前進し、ロボットなどのデバイスによる自動化を可能にします。 |
|  | 行動 ：どの設備を、いつ検査、監視、修理、交換または除却するかを意思決定を通知する一連のループによって提供されるインサイトを利用します。行動のフェーズは、ループ内の他のポイントでも発生する可能性があります。 |
|  | 評価 ：便益とROIを測定し、プロジェクトを終了するか、戦略を修正して更新してループを再び開始するか、を決定します。 |

^a デジタルアセットパフォーマンス管理へのアプローチに関する詳細は、以下のレポートをご覧ください。Andy Daecher ほか、「*Asset performance management: Driving value beyond predictive maintenance*」、Deloitte Insights、2019年2月26日

「デジタルユーティリティ アセットマネジメントモデル」では、その中核として2つの重要な要素である**データガバナンス**および**サイバーセキュリティ**に焦

点を当てています。これら2つの要素は、最終セクション「**次のステップ：デジタルアセットマネジメント戦略の策定**」にて説明します。

電力会社のバリューチェーンにおけるデジタルトランスフォーメーションの取組み

ポートフォリオが拡大している再生可能エネルギー設備を効率的に管理することは、エネルギー移行をリードする電力会社にとって極めて重要であることが証明されています。「デジタルユーティリティ アセットマネジメントモデル」は、送配電網全体における新規および既存設備の信頼性とレジリエンスの向上に役立ちます。バリューチェーン（発電、送電・配電、グリッドエッジ）の各セグメントにわたりモデル内で業界がどのように機能しているか、また、今後2～3年でどのようにデジタル化を進めていくべきかについて考えてみましょう。各セグメントに対するマッピング手法は、大手の電力会社、再生可能エネルギー企業、およびOEMが提供する最新のソリューションとテクノロジーに関して広範な二次調査を行った上、大手電力会社の業界専門家へのインタビューを通じて結論を検証する方法によります。

発電セグメントでは、再生可能エネルギー設備を管理するためにデジタルイノベーションの活用が拡大しています

発電所の設計および設置から始まり、継続的な発電所のライフサイクル全体まで、発電セグメントにおけるアセットマネジメントの変革にデジタルイノベーションが重要な役割を果たしています。この業界では、間欠的な特徴を持つ風力発電と太陽光発電の統合やアクセスが困難な洋上風力発電所などのよりクリーンなエネルギー源への移行が進んでいるため、デジタルイノベーションは特に価値を発揮します。デジタルアセットマネジメントにより、発電所の設計に関する情報を伝達し、健全性の監視を実現すること

でパフォーマンスを向上させることができます。これにより運用および保守（O & M）コストが削減され、信頼性、稼働率、収益性が高まります。

現状：発電セグメントは、概ね「デジタルユーティリティ アセットマネジメントモデル」の分析および視覚化のフェーズに位置しています。

発電機にセンサーなどのデジタルツールを使用することで、燃料の温度、圧力から振動、湿度のレベルまで、発電所の種類に応じて複数のさまざまなデータポイントにアクセスできるようになっています。たとえば、風力タービンでは100を超えるデータポイントを監視する場合があります。また、ガスタービンでは通常、何百ものデータポイントを監視しています⁵。発電事業者は、このセンサーのデータを集約および分析し、タービン圧力の上昇など、発電所固有のパラメーターを追跡するためのダッシュボードを開発しました。以前では、問題が発生した際に技術者は遠方から手動でデータを収集し、多くの場合、状況を把握するための付加的なデータがほとんどない状態で部品の健全性を判断する必要がありました。

基本的な分析と視覚化を組み合わせたセンサーデータにより、発電所の監視が改善され、保守コストの削減やその他のメリットはありましたが、現時点では、収集されたデータの内、意思決定に使用されているのはごくわずかです⁶。これは、デジタルソリューションを実施する余地とそこから得られるメリットが計り知れないことを意味しています。

デジタル化の急加速：発電セグメントは、今後2～3年で視覚化および拡張のフェーズへさらに進むことを見据えています。

アセットマネージャーは長年、発電所のデータを表示するためにダッシュボードを使用してきましたが、現在は多くのアセットマネージャーが、さまざまなシステムから得られるデータ（リアルタイムデータを含む）を、既存のダッシュボードに統合し、設備資産の継続的な健全性監視を可能にすることで、パフォーマンス管理を改善し始めています。リアルタイムのパフォーマンスから得られるインサイトを過去の傾向と組み合わせ、予測アルゴリズムまたはパターン認識アルゴリズムを適用して機器を監視しているアセットマネージャーもいます。この高度な設備資産の健全性監視により、発電所の技術者は発電所を歩き回り、リアルタイムで「ホットスポット」を確認したり、高度なテレメトリにより明らかとなった設備の不具合につながる異常を確認したりすることができます。また、このデータを活用することで、保守計画の作成負荷を軽減したり、新たなデジタルツインを構築あるいは既存のデジタルツインを拡充したりすることもできます。

再生可能エネルギーの普及が進むにつれ、風力発電および太陽光発電の間欠性の観点からリアルタイムの発電データは送配電網のバランスを維持するための重要なツールになります。太陽光発電所では、発電量減少の原因を自動的に定量化および分類する機械学習ベースのシグネチャー検出アルゴリズムに移行し、発電所にとってより良い保守戦略を実現するための知見が得られるようになります。同様の戦略が風力発電所でも実施されています（関連コラム「デジタルイノベーションで再生可能エネルギー設備のパフォーマンスを向上させる」をご覧ください）。

これらのO&Mコストを削減する予知保全戦略は、O&Mコストが急上昇している発電セグメントにとって非常に大きな利益をもたらします。米国の2,500の発電所に関するデータ分析によると、過去20年間で化石燃料を使わない発電のO&Mコストは74%上昇しています⁷。たとえば、ある原子力発電

デジタルイノベーションで再生可能エネルギー設備のパフォーマンスを向上させる

| フェーズ | テクノロジーのハイライト |
|---------|---|
| 視覚化／仮想化 | <p>目標 O&Mコストを削減し、風力発電プラントの稼働率を向上させ、設備における収益性を高める</p> <p>ソリューション 風力発電所のデジタルツインを構築する</p> <p>企業のコンソーシアムは、風力タービンの予知保全に対しデジタルツインを導入するプロジェクトに取り組んでいます。デジタルツインを実現するテクノロジーとして高性能クラウドコンピューティング、システム障害及び劣化のモデリング、データ分析、視覚化などが用いられています。</p> <p>センサーネットワークシステムは、最適化された信号処理と状態監視アルゴリズムを利用しており、稼働中の風力タービンに適用された上で、運用データを収集し、収集されたデータは仮想3Dモデルと連動します。3Dモデルからの出力が収集され、処理されたデータにより、リアルタイムの運転中に、風力タービンの多次元の動的挙動と物理的状态がシステム上に描写されます。デジタルツインを利用することで、事業者はリアルタイムデータを活用し、個々の構成部品レベルに至るまでパフォーマンス変動を診断することができます。その結果、障害を予測した保守計画を可能にし、保守コストとダウンタイムを削減することができます。</p> <p>想定されるメリット</p> <ul style="list-style-type: none"> • コスト削減：このプロジェクトにより、エンドユーザーと事業者の保守および監視のコストが最大30%削減されることが期待されます • 信頼性の向上：不具合の早期発見により、信頼性が99.5%向上し、ダウンタイムによる損失が70%削減されることが期待されます |

出所：David Foxwell、「Digital doppelgangers could help maintain offshore wind farms and reduce costs」、Riviera Maritime Media, Ltd.、2018年8月9日

所では、設備資産パフォーマンス管理の活用により、予防保全および改良保全に毎年費やされる時間が37%削減されました。これは、年間コストの20%削減になりますが、金額で言うと1,000万ドルの削減です。また、全体的な設備利用率が改善されることで当該原子力の発電量は過去最大となりました⁸。AIで強化された分析はシナリオプランニング機能を向上させることもできます。そして、発電事業者が災害対策計画を重視しているため、このシナリオプランニング機能の需要は高まっています。

すでに一部の発電事業者は、増加中の風力発電プラントまたは太陽光発電所において最大限の価値を得るべく、高度なデジタルアセットマネジメント技術を導入しています。（関連コラム「デジタルイノベーションで再生可能エネルギー設備のパフォーマンスを向上させる」をご覧ください。）

送配電セグメントは、信頼性とレジリエンスを確保するためにデジタルトランスフォーメーションを活用しています

米国の送配電セグメントは、前述の5つのディスラプターにより、一斉に強い打撃を受けています。激しさを増すこれらの現象は、送配電事業者にとって最大の懸念事項である信頼性とレジリエンスに影響を与えます。その次の懸念事項は、コストの抑制です。それは、信頼性とレジリエンスを維持する目的で、2040年までに米国の送配電網の改良、拡充、取替には推定1.1兆ドルのコストがかかると説得性をもって算出されています⁹。たとえば、デジタルイノベーションによりこれらの支出の3%を回避または延期できれば、330億ドルという膨大なコスト削減が実現できます。

現状：送配電セグメントは通常、統合／集約フェーズに位置しますが、多くの地方の送配電事業者では、高速通信が利用できない遠隔地に設置された設備があるため、通信フェーズに位置する場合があります。

送配電システムは数千マイルに亘り個々の家庭や企業に到達するため、特に監視が難しく、欠落が発生する可能性が高くなります。このため、送配電セグメントは信頼性の確保、レジリエンスの向上、およびコスト抑制に役立つ高度な監視および点検技術に強い関心を持っています。山火事が長く続く季節などでは、遠隔で自動化された監視で高電圧線に接触している物体を検出し、その状況に迅速に対応できれば火災防止につながります。対して、従来の点検技術の多くは、徒歩での目視点検を伴うため、費用がかかる上、多くの人的リソースを必要とし、精度も低く、作業員の安全が損なわれる場合があります。

米国では、多くの送配電事業者は、さまざまなイベントや状態の測定および監視のため、すでにセンサー、スマートメーター、およびその他のインテリジェントデバイスをシステム全体へ導入しています。スマートメーターは、その提供するデータに応じて価値がますます高まっており、顧客のサイトの60%以上で普及してきたことに併せ、その価値が高まり続けています¹⁰。また、送配電事業者はドローンに搭載されたカメラなど、「航空機によるセンシングソリューション」を導入し始め、電線の点検、電線、電柱、送電塔などの設備の状態に関するデータの収集、設備の潜在的な不具合の検出を行っています。

一方、複数のネットワークにつながった設備からデータを収集し、データの監視および分析するための単一のリポジトリを用意することが最大の課題の一つとしてあがっています。送配電事業者では、ネットワークに接続されて複雑な関係になっていく設備と生成されるデータを用いて実用的な示唆をリアルタイムで導き出すことができるクラウド機能を持たない場合もよくあります。発電セグメントと比較し、送配電の一部の領域でデジタル化を遅らせているもう1つの課題が通信です。設備が特定の箇所に据え置かれている発電所ではファイバーケーブルやWi-Fiなどの方法を通じて接続する機能がありますが、僻地を横断する遠く離れた送配電システムは、高速通信ネットワークが届かない場所にあることがあります。

デジタル化の急加速：近い将来、送配電セグメントは統合／集約フェーズをさらに重視し、分析および視覚化のフェーズにも進む可能性があります。

今後2～3年、送配電セグメントのアセットマネージャーは、異なるシステムからのデータを標準化し、1つのリポジトリに集約する取組みを継続していきます。これにより、運用、保守、アセットマネジメントなどの部門の壁を解消できるため、事業者は、従前では得られなかったデータセット間の関係を調べるこ

とで新たな知見を得ることができます。クラウドのストレージおよび分析ソリューションは、実用的な示唆をリアルタイムで導出し、その速度、範囲、および深さの点でオンプレミスのソリューションに比べて引けを取りません。規制対象の一部の送配電事業者は、クラウドソリューションの導入に躊躇していますが、それはセキュリティ上の理由に加え、導入にかかる支出が資産に含まれるのではなく営業費用として扱われてきたため、十分な投資対効果（ROI）を得ることが困難になる場合があるためでもあります。しかし、その傾向は変化し始めており、多くの送配電事業者はスケーラビリティと柔軟性を確保するため

送電・配電資産の検査と監視のデジタル化は、コスト削減と信頼性向上を実現する

フェーズ

生成、通信、統合、分析

テクノロジーのハイライト

目標

設備の点検および修繕における頻度増加と効率の向上を図る。また、精度を高めるために高解像度の画像を取得する

ソリューション

無人航空機システム（UAS）とヘリコプターを代表とした航空リモートセンシングプログラムを設計し、開始する

米国の投資家が所有している電力会社 Southern California Edison（SCE）は、業界で最大級のフル稼働可能な航空リモートセンシングプログラムを設計し、開始しました。このプログラムは、カスタマイズされたUASベンダーとそれに対応するUASプラットフォームおよびセンサーの選択、プログラムガバナンスの開発、データ収集要件の標準化、規制当局の承認の取得、内部および外部の通信の導入、UASおよびヘリコプターの両方の動的な運航の安全性とパフォーマンス管理の確立が含まれます。

SCEは、データのストレージ、キュレーション、分析にクラウドプラットフォームを活用し、データライフサイクルを推進するためのエンドツーエンドのデジタルワークフロー・プラットフォームソリューションを開発しています。また、運航を前進させるために、目視見通し外（BVLOS：Beyond Visual Line-of-Sight）のようなエッジUAS飛行機能の導入拡大に取り組んでおり、さらなる効率化とコスト削減を期待しています。データ側では、機械学習の活用を拡大し、非構造化データと構造化データを集約して設備の総合的な見解を視覚化することにより、キャパシティの増加とインサイトの向上に取り組んでいます。

想定されるメリット

- 高リスクエリアで20万以上の送電・配電設備を毎年点検する空中査察能力
- 規制上および会社の年間目標を達成するための点検サイクル時間と効率化
- 空中での点検をデータ収集の主要な手段にし、冗長な従来の手法を廃止してコスト削減を可能にする拡張性
- 効率とデータ品質向上に向けて進めているワークフローとクラウドデータプラットフォームの完全なデジタル化

出所：Southern California Edisonより

にクラウドソリューションを導入しています¹¹。同時に、進化するIoTおよびデータ伝送のニーズに必要とされる通信の遅延時間を減少し、速度を向上させるため、送配電事業者は、プライベートLTE/5Gまたは光ファイバーネットワークの導入を検討しています。

アクセスや分析の対象となるデータ量が多くなるにつれ、送配電セグメントでは、状況を把握するより複雑なダッシュボードと視覚化機能の構築に焦点を当てることとなります。従来の地理情報システム(GIS)のように、複数のシステムから得られるデータと位置データを統合するだけでなく、複数のデバイスを通じて、資産の状態、天候、顧客の苦情などのデータを組み合わせることで表示したり共有したりできるような地理空間システムを導入する送配電事業者が増えています。また、送配電事業者がネットワーク全体にわたる重要データの入手や更新、および正確性の確保という課題に取り組むにつれ、デジタルツインの開発がますます進展していきます。

送配電セグメントの多くの企業は、今後数年間でドローンの機能が強化され、目視外飛行(BVLOS: Beyond Visual Line-of-Sight)でドローンを飛ばせることを期待しています。長期的にみると、BVLOSと組み合わせることができる5Gなどの高度な通信技術を用いることがゲームチェンジャーとなり得ます。これらの技術とクラウド機能の組み合わせは、リモートドローンからのリアルタイムのストリーミングビデオを可能にし、設備や損傷の状態を評価するための視覚化機能を向上させます。ドローンはAIを使用してデータを迅速に処理し、送配電インフラの構造上の欠陥をほぼリアルタイムで特定できるようになります。この機能は、災害や停電が発生した場合、作業員へのデータ伝達スピードを向上させます。電力をより迅速に復旧できるようにする際に、特に価値を発揮する機能です。

デジタルアセットマネジメントは、グリッドエッジにおける視覚化の進展と制御範囲の拡大を実現します

「グリッドエッジ」は送配電事業者が所有する設備のセグメントではなく、増加し続ける多数のDERとデバイスで、その多くは顧客または第三者が所有し、管理しています。送配電事業者は、デジタルアセットマネジメントを活用することで、設備資産のエコシステム全体に対するDERの影響をより明確にし、理解を深めることができます。DERが急増するにつれて、バリューチェーンの3つのセグメントが一つにまとまるため、個々のチームによるアセットマネジメントへのサイロ化したアプローチは時代遅れになりつつあります。最終的に、システムは、単一の総合的な共有ネットワークになり、一元的に制御され、バリューチェーン全体で意思決定をするために最適な状態に向かっていきます。

屋上太陽光発電システム、蓄電池、EV充電器、柔軟な負荷プログラム容量など、DERは2025年までに米国の発電容量の24%近くに達する可能性があります¹²。そして、エネルギー移行が進むにつれ、これらのDERは、再生可能エネルギーの増加による不安定な出力に対する送配電網上のバランスに益々貢献します。実際、柔軟な負荷プログラムは、2030年までに現在の米国のデマンドレスポンスプログラムの機能を3倍の約200GWにします。これは、システムピークの20%に達すると予想されています¹³。

送配電事業者における目標は、これらの設備の設計と設置を支援し、可能な範囲でそれらの動きについて視覚化を進め、制御する権利を獲得することです。分散型エネルギー資源管理システム(DERMS)などのデジタルアプリケーションは、グリッドエッジにおける新しい設備資産による負荷と管理に対する送配電事業者の理解を深めることをサポートします。

現状：グリッドエッジでの設備は、送配電システムと連動しながら、生成フェーズから統合/集約フェーズまで及びます。

今日、多くの送配電事業者は、配電システムを用いてEVを所有している家を検出したり特定することはできません。屋上太陽光発電システムは、送配電事業者自らが送配電網に接続するために検出、特定することが可能ですが、多くの送配電事業者は接続したシステムを制御する権利をほとんど有していません。EVなどの個々のDERの使用量を検出、特定するために分析技術を導入することは可能で、実際に容易に行われています。また、スマートインバータやその他のソフトウェアプラットフォームを用い、DERの集約や制御を行ったり、送配電網の運用、所有者関連情報、天候、および市場の状況とDERを同期させたりすることができます。ただし、DERが送配電網に追加されたのは比較的最近で、送配電事業者や管轄区域によってルールと慣行が大きく異なります。そのため、これらソリューションの導入は均一に普及していません。また、地方においては、通信ネットワークも課題となる可能性があります。

デジタル化の急加速：送配電事業者は今後2～3年で、DERを設備資産のエコシステムに組み入れるにつれ、統合／集約、分析、および視覚化のフェーズへとさらに進んでいきます。

DERを念頭に置いた配電システムをより正確にマッピングおよび計画し、DERのルールとプロトコルの策定が進展するにつれ、それらのリソースをシステムモデルに統合、分析を行うことにより、設備資産のエコシステム全体に対するDERの影響を評価および予測できるようになります。これによりグリッドエッジで、より多くのスマートデバイスと分散型の分析が導入され、より詳細な情報をリアルタイムで把握できるようになります。また、送配電事業者はそれらのデータを、例えば、配電用変圧器などの機器のライフサイクルが短くなる可能性のある送配電網へのストレスを軽減するためなど、意思決定や運用効率を高めるために活用することができます。

送配電網内の設備および信頼性を保護するためにDERを管理する

| フェーズ | テクノロジーのハイライト |
|--------------------|--|
| 生成、通信、統合／集約、分析、自動化 | <p>目標 変電所の変圧器の過負荷や費用負担の大きい変電所新設や配電システム機器への投資などのリスクを避け、顧客負荷、分散型の太陽光と風力、蓄電池、電気自動車などの分散型エネルギー資源 (DER) を統合する</p> <p>ソリューション DERMSを導入し、変圧器の負荷、発電出力、発電および負荷の予測を監視し、送配電網の過負荷が予想される場合は、負荷や分散型エネルギー出力を削減するための信号を送信する</p> <p>複数の送配電会社が、第三者が所有する風力、太陽光、ストレージ、その他のシステムへの接続を模索しており、相互接続の割合は上昇すると予想されます。しかし、これらのDERを既存の配電システムに統合すると、もし適切に制御されていない場合は、変圧器、配電線、およびサポート機器に過負荷がかかる可能性があります。送配電会社が分散型エネルギー設備を所有していないことが多い現実がこの問題を悪化させています。</p> <p>送配電会社は、DERMSを設置して配電システム全体にわたる電力の流れを監視することにより、新しい変圧器、管路、保護装置などの費用負担が大きい設備投資を回避することができます。DERMSは、DERの状態／出力、送配電網の状況、負荷およびDERの予測を監視し、必要に応じて制御信号をDERに送信して、DER出力が高い間はシステムへの逆潮流や機器の潜在的な過負荷を回避します。</p> <p>想定されるメリット</p> <ul style="list-style-type: none"> コストのかかる設備資産の改良・拡充ではなく、デジタルイノベーションによって第三者の設備を送配電網の運用に統合できることを証明します エネルギー移行を促進し、送配電網に柔軟性をもたらすようなDERを実現しつつ、信頼性とレジリエンスを維持します |

出所：Deloitte Power, Utilities & Renewablesのプラクティスより

電力会社のバリューチェーン全体でアセットマネジメントをデジタル化します

図3は、「デジタルユーティリティ アセットマネジメントモデル」における現状と短中期的なデジタル化の急速な進展の可能性を電力会社のバリューチェーンのセグメント毎にまとめています。

3つのセグメントは同じフェーズで進行していますが、主に設備資産の性質の違いにより、異なる速度で進行します。発電所では、設備が特定の場所に据え付けられており、通常は高速通信にアクセスできるため、このセグメントではループの進行がより速く、より広範囲にわたる場合があります。対照的に、送電システムは何千マイルも横断し、時には高速通信機能が無い遠隔地を通過することもあります。

僻地の配電システムは、グリッドエッジを含め、同じ課題に直面する可能性があります。また、グリッドエッジの設備資産は顧客や第三者が所有していることが多いため、送配電会社では、設備資産を最適に統合および管理するための情報が不足する場合があります。

発電所は、設備が特定の場所に据え付けられており、通常は高速通信にアクセスできるため、このセグメントではループの進行がより速く、より広範囲にわたる場合があります。

図3

電力会社のバリューチェーン全体でアセットマネジメントをデジタル化

○ セグメントにおけるデジタル化の現状 ● 今後2～3年で予想されるデジタル化の急速な進展

| 範囲 | フェーズ | 発電 | 送電 | グリッドエッジ |
|------------|-------|----|----|---------|
| フィジカル→デジタル | 生成 | | | ○ |
| | 通信 | | | ○ |
| デジタル→デジタル | 統合/集約 | | ○ | ○ |
| | 分析 | | ○ | ○ |
| | 視覚化 | ○ | ● | ● |
| デジタル→フィジカル | 拡張 | ● | | |
| | 自動化 | | | |
| | 行動* | | | |
| | 評価* | | | |

注：*この取組みは直線状に進まない場合があり、行動および評価のフェーズは、ループの別のポイントで発生することがあります。
出所：デロイトの分析より

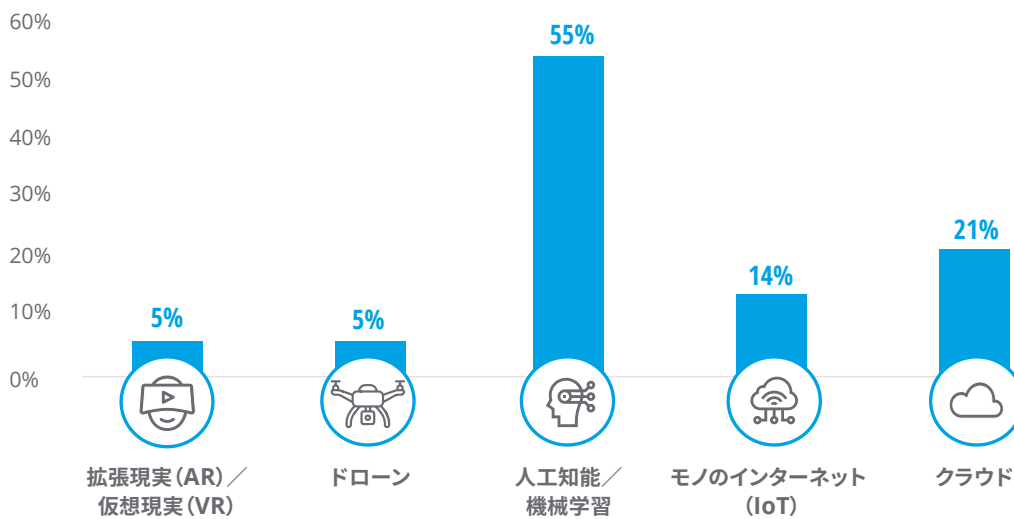
3つのセグメントは異なるペースでループを進んでいますが、バリューチェーン全体のプランナーは、拡張フェーズを目指しているように考えられます。拡張フェーズではAIはパフォーマンスを向上させ、コストを削減するための予測的インサイトが提供可能となります。これは、2020年11月にデロイトが実施し

た調査にて、電力業界の回答者が、当時、どのテクノロジーが電力会社にとって最も重要であるかについて尋ねた結果と一致しています（図4）。調査では、半数以上（55%）が「人工知能／機械学習」を選択しています。

図4

発電・送配電業界は、AI（人工知能）が重要なデジタルテクノロジーであると考えている

「現在、電力会社にとって最も重要なデジタルテクノロジーは何ですか?」という質問への回答



出所: Deloitte Postelection Survey; Deloitte 2021 Power and Utilities Industry Outlook, 2020年12月より

次のステップ

デジタルアセットマネジメント戦略の策定

デジタルアセットマネジメント戦略の最も重要なステップは、組織ビジョンの策定と組織全体と設備資産のエコシステム全体で期待するビジネス成果の決定です。そして次に、複数の技術を含む包括的で統合されたソリューションの計画、いわゆる、成功へのロードマップを策定するステップを実施します。このステップが実に重要です。このフレームワークにおけるあらゆるフェーズにおいて、包括的な計画を立てずに局所的にパイロットプロジェクトを選び好みに試すだけでは期待するメリットが得られなくなります。また、特にバリューチェーンが一つに収束しつつあることから、各プロジェクトは、全体的なデジタル戦略とロードマップの一部である必要性が増してきています。

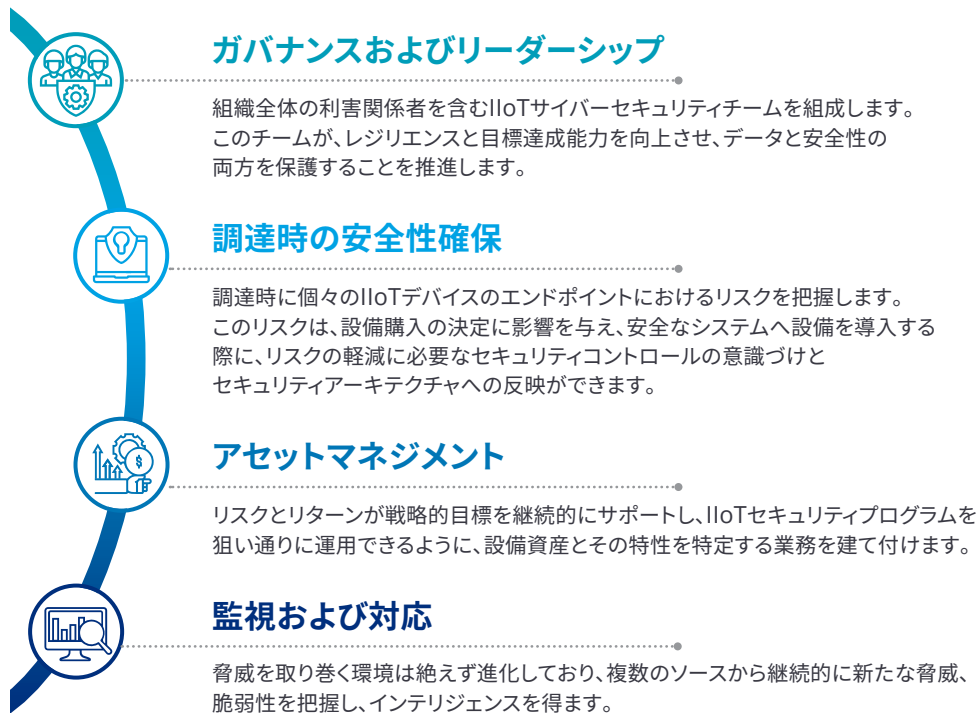


デジタルアセットマネジメント戦略の2つの中核となるべき事項が、**データガバナンス**と**サイバーセキュリティ**です。データはすべての分析の元となり、企業において最も価値のある資産となります。そして、データの収集、クレンジング、標準化、保存、キュレーションの徹底した管理なくしては、デジタル化自体とデジタル化により生み出されるインサイトのほとんどが価値をなくします。そのため、まず始めにデータアーキテクチャとそれを継続的に整備するためのガバナンスの設計を検討してください。データアーキテクチャは、テクノロジー、セキュリティの脅威、ビジネスニーズ、および顧客の好みの変化に伴い時間とともに進化する可能性があります。そのため、データアーキテクチャを継続的に整備するデータガバナンスが重要なポイントになります。個々のプロジェクト計画においては、ビジネスプロセス、データオブジェクト、およびアーキテクチャをどのように連携させていくのか、データ品質基準はどうあるべきか、そして、どうすればそれらを達成できるのかを明確化していきます。

同様に重要なのは、サイバーリスク管理です。デジタルトランスフォーメーションの進展がネットワークへの接続性を向上させ、現在、サイバーセキュリティの脅威はクラウド、サードパーティネットワーク全体、および接続された資産やデバイスを通じて拡大しています。差し迫る危険はSCADAなどの産業制御システム全体に広がり、センサー、モバイルアプリ、資本的設備、ソフトウェア、ファームウェア、ハードウェア、オペレーティングシステム、データベース、ポートなど、産業分野におけるモノのインターネット (IIoT) のすべてのコンポーネントにまで及びます (図5)。大規模電力システムのサイバーセキュリティを対象

図5

IIoTサイバーセキュリティプログラムの重要な要素



出所: デロイトの分析より

とした北米電力信頼度協議会の重要インフラ防護 (NERC CIP) 標準は継続的に改訂しています。NERC CIPへの対応を基礎としてサイバーセキュリティへ備える必要があります。

デジタル戦略を開発する際に考慮すべきその他の課題に、5Gやクラウドコンピューティングなどのテクノロジー導入の影響や、資本コストとO&M費用の影響を組織と顧客の両方にとっての最大の純利益に

どのように分散させるかということがあります。また、テクノロジーの進歩が、通常はコストを下げ、実装にかかる時間を短縮し、また、昨日は実現できそうになかったプロジェクトが今日になれば可能になる事があるため、戦略を定期的に見直すことが重要です。このように、考慮すべき多くの課題がある一方、この取組みを価値あるものにする潜在的なリターンも多くあります。

日本のコンサルタントの見解

電力業界においてデジタル技術を活用した取組みが活発に行われているが、アセットマネジメントのデジタル化は初期段階である

日本の電力業界においても、IoTやAI等のデジタル技術を活用した設備資産の効率的な管理への取組みは電力システムの各分野（発電・送配電・グリッドエッジ）で広がりつつあります。例えば、

- 発電：保全技術の高度化
デジタルツインによる予防保全技術、AI技術を活用した部品寿命予測の高精度化などに適用されています。また、今後の拡大が予想される洋上風力発電では、デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化を当初から伴う形の検討が進められています
- 送配電：巡視・点検の効率化
ドローンや送電線自走ロボットを活用した送電線巡視・点検作業の効率化、カメラ・センサ等を用いたデータの遠隔取得により現場業務の省人化などが進められてきています
- グリッドエッジ：VPP実証事業の活発化
継続的な分散型リソースの導入と電力系統安定化を両立する仕組みとして、IoT技術を活用したVPPが注目されており、異業種を巻き込んだ実証事業が活発化しています

これらの各種デジタル化の取組みは、米国と同様にまだ足を踏み入れた段階にあるといえます。そこまで進捗していない背景としては、電力システム改革による制度的な変革期にあることで、より一層複雑性が増しているといった外的要因もありますが、今までにないデータの収集から始めなければならない事が多く、データが未だ十分に蓄積されていないこともあげられます。例えば、設備においては、伝統的に異常が起きる前に設備取替がなされている事もあり、異常を判別するためのデータが少ないといった課題も生じています。

日本の電力業界を取り巻く環境はより一層複雑化し、設備管理を困難化していく

日本の電力会社を取り巻く環境は、米国と比較し細かい違いはあるものの、本レポートにある5つのディスラプター（自然災害の深刻化、公衆衛生の向上と新たな需要動向への対応、設備の高経年化、サイバー・フィジカルの脅威の高まり、規制当局の監視と義務の増大）は同様で、その課題に直面しています。例えば、規制面では、レベニューキャップ制度においてアセットマネジメント等の手法に基づく投資計画の策定、配電ライセンスによる配電事業者の設備情報把握などの制度変更が予定され、需要動向の面では、需要低迷に伴う収入の減少など、日本特有の事情もディスラプターとして存在します。

つまり、日本の電力会社は、今後収入が低迷し予算が限られていく中、再エネや高経年化に関連する設備投資に適切に対応しつつ、制度変更に伴うアカウントビリティの向上が求められ、また、サイバーセキュリティの脅威へ備える事が求められています。これらの状況がもたらす複雑で困難な課題に対処するため、従来のアナログによる設備管理ではなく、データに基づき、合理的かつ効率的な判断を可能にするアセットマネジメントのデジタル化を加速させるべきです。

縦割りの組織構造に伴うデータのサイロ化や現場主導の局所的な効率化がアセットマネジメントのデジタル化を阻害している

従来の電力会社におけるシステム開発・運用については、組織自体が大規模であること等から部門単位で取組むケースが多く、システム毎のデータやデータを活用する手法がサイロ化する傾向にあります。

データの蓄積のような課題は、技術の進展や時間とともに解決されていきますが、データへの意味付け

など人による入力作業はすぐに無くなる事がなく、業務運用とシステムは密接に関わってきます。そのため、アセットマネジメントのデジタル化にも、業務運用を主管する現場主体で、個別の管理手法の向上、局所的な効率化に視点が行きがちです。

従来のように部門最適に陥ってしまうと、全社大で、業務の複雑化、冗長的なリソース、間接業務の増大を生じさせ、人財の育成にも多大なコストと時間を要することになります。そして、いつの間にか、単に部門毎にシステムを導入するといった目的に置き換わってしまうこともあります。このような状況に陥ると、単なる既存業務の電子化にとどまり、データに基づき合理的かつ効率的な判断を可能にする、いわゆるデジタルアセットマネジメントの実現から遠のくこととなります。

デジタルアセットマネジメントは、戦略的視点とデータガバナンスの視点で取組む

目的を見失わないためには、全社大のデジタルアセットマネジメントに対するビジョン・目標を明確化するだけでなく、設備資産のエコシステムの各所において、その成果をより明確に定義していくことが有効です。方針を示すだけでなく具体的な目標を示すことで、より現場に落とし込みやすくなります。また、その成果に対して優先度を決め、戦略的に取組むことによって、複雑で多くの課題を抱える中、現場で何が重要かをより理解しやすくなり、次の行動をとりやすくなります。

デジタルアセットマネジメントでは、データがすべての分析の元となります。データの生成は、上述したように、必ずしもシステムチックに収集できるものだけでなく、業務運用と密接な関係にあるものもあります。既存業務の延長をつきつめると局所的になる一方、抜本的な改革を強いた結果、既存業務から多くを変更すると、かえってデータ収集や分析に時間や手間がかかり、業務運用に支障が生じることもあります。そうなると、当該業務部門は、データの活用に消極的になっていき、その効果を実感しなくなります。この消極さの積み重ねがまた、全体的な取組みを停滞させる要因ともなりうるため、取組みには、

上手くバランスをとる難しい舵取りが求められます。そこで重要になるのは、幹となるデータガバナンスです。システムや業務プロセスとデータモデルをどのように連携させていくのか、データ品質基準はどのようにするか、全社的なデータ管理と個別業務のデータ管理をどう分けていくかなど、データを取り扱うシステムやデータの継続的な整備のための判断基準となる原則を明確化することこそが、この取組みの難しい舵取りの支えとなります。

経営の視点から目的を現場に浸透させ、デジタルアセットマネジメントの取組みを継続する組織文化の醸成が成功の鍵

ビジョン・目標を定め、データガバナンスを設計しても、設備管理を行う現場がデジタルアセットマネジメントの取組みを自分ごととして捉えていなければ、上手く機能しません。多様な環境変化の中で、日々の業務に追われている現場は、どうしても目の前の自分の領域にフォーカスしてしまうからです。

これを防ぐには、経営層自らがデジタルアセットマネジメントの取組みの意義や目的を継続的に発信し、現場の隅々まで意識変革を促し、全社的にデータの利活用への感度を高めていくような取組みにすることが不可欠です。言うなれば、デジタルアセットマネジメントに対応する組織文化の醸成です。ただし、それは一朝一夕でできるものではなく、長期的な取組みとなることを覚悟しなければなりません。ある海外の送配電事業者は、10年以上に亘る長い年月をかけてデジタルアセットマネジメントに取り組んでいます。その中で、事業者はデータの整備だけでなく、データ利活用および分析を下支えする組織文化の醸成に注力しています。

日本における電力業界を取り巻く環境はより一層複雑化し、設備管理を困難化していく中、ますますアセットマネジメントのデジタル化が求められてきています。この取組みを成功へと導くうえでは、戦略視点や、データガバナンスなどへの取組み、そして何よりもそれらを機能させる経営層自らが主体的に推し進める組織文化の醸成により、全社一体となった継続的な取組みにしていくことが重要な鍵となるでしょう。

巻末注

1. Companies database, S&P Global Market Intelligence, accessed January 2021.
2. Jason Price, "Digital asset performance management—Taking utility asset management to the next level," *EnergyCentral*, October 12, 2020.
3. Wood Mackenzie, "United States distributed energy resources outlook: DER installations and forecasts 2016-2025E," June 15, 2020.
4. OTとは、物理的なデバイス、プロセス、およびイベントを変更、監視、または制御するために使用されるハードウェアおよびソフトウェアを指し、ITとは、ハードウェアおよびソフトウェアを含む、コンピュータテクノロジーに関連するすべてのものを指します。主な違いは、OTデバイスは物理環境を制御し、ITシステムはデータを管理するという点です。
5. Steve Hanawalt, "Article 7: The top 4 solar asset monitoring challenges—and what you can do about them," *Power Factors*, October 8, 2020.
6. "Utilities need to exploit the deluge of data set to grow in 2020 as smart device sales soar," *GlobalData*, February 18, 2020.
7. Uptake APM performed the analysis based on data from the US Federal Energy Regulatory Commission, as noted in Darrell Proctor, "Making the connection: Digitization ramps up optimization," *Power*, February 1, 2019.
8. Ibid.
9. US Department of Energy, "Chapter 3: Enabling modernization of the electric power system," *Quadrennial Technology Review*, 2015.
10. U.S. Energy Information Administration, *Annual electric power industry report, Form EIA-861 detailed data files*, October 6, 2020; Deloitte analysis.
11. Bill Graf, Katie Pavlovsky, and Dave Yankee, *The power of Cloud: Are you truly a "digital utility"?*, Deloitte, July 2020.
12. Historical and future power plant capacity database, S&P Global Market Intelligence, accessed January 2021; and Wood Mackenzie, *United States distributed energy resources outlook: DER installations and forecasts 2016-2025E*, June 18, 2020; Deloitte analysis.
13. Ryan Hledik et al., *The national potential for load flexibility: Value and market potential through 2030*, The Brattle Group, June 2019.

著者紹介

Jim Thomson | jamthomson@deloitte.com

Jim Thomson は、米国デロイトの発電・送配電・再生可能エネルギー部門を担当するバイスチェアマンであり、Deloitte Consulting LLPのLead Client Service Partner (LCSP) です。Thomsonはコンサルティングのプリンシパルで、発電、送配電、再生可能エネルギーのグローバルクライアントとの協力において30年を超えるコンサルティング経験があります。

Jian Wei | jianwei@deloitte.com

Jian Wei は、米国の発電・送配電・再生可能エネルギー部門でプリンシパルとしてデジタルトランスフォーメーションを担当しています。Weiは20年以上にわたり、イノベーション、デジタルテクノロジー、オペレーション、および組織成熟度の領域に従事し、戦略から実行まで影響力の大きいエンゲージメントを指揮してきました。

Brian Murrell | bmurrell@deloitte.com

Brian Murrell は、デロイトのエネルギー・資源・生産財 (ER&I) 部門でリスク&ファイナンシャルアドバイザーのデジタルリスクトランスフォーメーション担当しています。Murrellは、サイバー、財務、監査、フォレンジック、規制、運用、戦略、レピュテーションに関わるリスクなど、あらゆるリスクに関してクライアントのニーズを満たすサービスを提供しています。

Kate Hardin | khardin@deloitte.com

Kate Hardin は、デロイトのエネルギー&生産財リサーチセンターのエグゼクティブディレクターで、同センターではエネルギー研究の取組みを推進し、同センターの戦略の実行と、そのエミネンスおよびソートリーダーシップを管理しています。Hardinは、エネルギー研究およびコンサルティング/アドバイザーファームで20年を超える経験を有しています。

Suzanna Sanborn | ssanborn@deloitte.com

Suzanna Sanborn は、Deloitte Research Center for Energy & Industrialsのシニアマネジャーで、同センターでは発電、送配電、および再生可能エネルギーの業界に焦点を当てて、世界のエネルギー動向を分析しています。Sanbornは、発電・送配電、石油・ガス、および再生可能エネルギーの業界で20年を超える経験を有しています。

謝辞

この記事のために調査とインサイトに貢献していただいた**Jaya Nagdeo**氏および**Utham Ganesh**氏にお礼を申し上げます。また、見解を共有いただいた**Sandy Jones**氏、**Christian Grant**氏、**Craig Rizzo**氏、**Mat Rommel**氏、**Adrienne Himmelberger**氏、**Sharene Williams**氏、および**Rupsha Champati**氏、そして、編集および制作面でサポートしていただいた**Kavita Saini**氏および**Soy Lee**氏にも感謝申し上げます。

Deloitte Research Center for Energy & Industrials について

Deloitte Research Center for Energy & Industrials は、綿密な調査と業界固有の知識および実践主導の経験を組み合わせ、ビジネスにインパクトを与えることができる説得力のあるインサイトを提供します。エネルギー・資源・生産財 (ER&I) 業界は、スマートで接続された未来を構築し、電力を供給し、安心なものとする中核となります。リーダーは優れた結果を求め、未来を形作る最新の技術と動向に関する実用的なインサイトを必要としています。デロイトは、さまざまな媒体を通じて提供される厳選された調査を通じて、他社の先を行くビジネスを推進する機会を導出していきます

日本向け見解執筆者、問合せ先

デロイト トーマツ コンサルティング合同会社

森田 竜史
エネルギー担当
執行役員
tatmorita@tohatsu.co.jp

九十九 雅理
エネルギー担当
Senior Manager
mtsukumo@tohatsu.co.jp

岩國 知彦
エネルギー担当
Senior Specialist Lead
tiwakuni@tohatsu.co.jp

高田 幸佑
エネルギー担当
Senior Consultant
kostakada@tohatsu.co.jp

デロイト トーマツ グループ エネルギーセクター

エネルギーセクターリーダー

樋野 智也
tomhino@deloitte.com

各サービス担当

野澤 啓
監査
akira.nozawa@tohatsu.co.jp

山田 努
リスクアドバイザー
tsutomu1.yamada@tohatsu.co.jp

下田 健司
コンサルティング
keshimoda@tohatsu.co.jp

三木 要
ファイナンシャルアドバイザー
kaname.miki@tohatsu.co.jp

渡辺 博人
コンサルティング
hakwatanabe@tohatsu.co.jp

小山 和憲
税務
kazunori.koyama@tohatsu.co.jp

Deloitte.

Insights

Deloitte Insights の登録はこちらから www.deloitte.com/insights

 @DeloitteInsightをフォローしてください

Deloitte Insights contributors

Editorial: Kavita Saini, Preetha Devan, Nairita Gangopadhyay, and Rupesh Bhat

Creative: Rachele Spina and Swagata Samanta

Promotion: Alexandra Kaweck

Cover artwork: Gordon Studer

Deloitte Insights について

Deloitte Insights は、企業、公共部門、NGO に洞察を提供する独自の記事、レポート、定期刊行物を刊行しています。我々の目標は、プロフェッショナルサービス組織全体を通じた調査と経験、更には大学・研究機関とビジネスにおける共著者の経験を駆使し、企業経営者や政府指導者が関心を持つ幅広いトピックについて会話を進めることです。

Deloitte Insights は、Deloitte Development LLC が作成しています。

本資料について

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、その性質上、特定の個人や事業体に具体的に適用される個別の事情に対応するものではありません。また、本資料の作成または発行後に、関連する制度その他の適用の前提となる状況について、変動を生じる可能性もあります。個別の事案に適用するためには、当該時点で有効とされる内容により結論等を異にする可能性があることをご留意いただき、本資料の記載のみに依拠して意思決定・行動をされることなく、適用に関する具体的事案をもとに適切な専門家にご相談ください。

この資料に記載された情報の利用によって生じ得るいかなる損害に対しても、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）ならびにそのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの提携法人は責任を負うものではありません。

デロイト トーマツ グループは、日本におけるデロイト アジア パシフィック リミテッドおよびデロイトネットワークのメンバーであるデロイト トーマツ合同会社ならびにそのグループ法人（有限責任監査法人トーマツ、デロイト トーマツ コンサルティング合同会社、デロイト トーマツ ファイナンシャルアドバイザー合同会社、デロイト トーマツ 税理士法人、DT 弁護士法人およびデロイト トーマツ コーポレート ソリューション合同会社を含む）の総称です。デロイト トーマツ グループは、日本で最大級のビジネスプロフェッショナルグループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査・保証業務、リスクアドバイザー、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、税務、法務等を提供しています。また、国内約 30 都市以上に 1 万名を超える専門家を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツ グループ Web サイト (www.deloitte.com/jp) をご覧ください。

Deloitte（デロイト）とは、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイト ネットワーク”）のひとつまたは複数を指します。DTTL（または“Deloitte Global”）ならびに各メンバーファームおよび関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体であり、第三者に関して相互に義務を課しまたは拘束させることはありません。DTTL および DTTL の各メンバーファームならびに関係法人は、自らの作為および不作為についてのみ責任を負い、互いに他のファームまたは関係法人の作為および不作為について責任を負うものではありません。DTTL はクライアントへのサービス提供を行います。詳細は www.deloitte.com/jp/about をご覧ください。

デロイト アジア パシフィック リミテッドは DTTL のメンバーファームであり、保証有限責任会社です。デロイト アジア パシフィック リミテッドのメンバーおよびそれらの関係法人は、それぞれ法的に独立した別個の組織体であり、アジア パシフィックにおける 100 を超える都市（オークランド、バンコク、北京、ハノイ、香港、ジャカルタ、クアラルンプール、マニラ、メルボルン、大阪、ソウル、上海、シンガポール、シドニー、台北、東京を含む）にてサービスを提供しています。

Deloitte（デロイト）は、監査・保証業務、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、リスクアドバイザー、税務およびこれらに関連するプロフェッショナルサービスの分野で世界最大級の規模を有し、150 を超える国・地域にわたるメンバーファームや関係法人のグローバルネットワーク（総称して“デロイト ネットワーク”）を通じて Fortune Global 500® の 8 割の企業に対してサービスを提供しています。“Making an impact that matters” を自らの使命とするデロイトの約 312,000 名の専門家については、(www.deloitte.com) をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイト ネットワーク”）が本資料をもって専門的な助言やサービスを提供するものではありません。皆様の財務または事業に影響を与えるような意思決定または行動をされる前に、適切な専門家にご相談ください。本資料における情報の正確性や完全性に関して、いかなる表明、保証または確約（明示・黙示を問いません）をするものではありません。また DTTL、そのメンバーファーム、関係法人、社員・職員または代理人のいずれも、本資料に依拠した人に関係して直接また間接に発生したいかなる損失および損害に対して責任を負いません。DTTL ならびに各メンバーファームおよびそれらの関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体です。

Member of
Deloitte Touche Tohmatsu Limited

© 2021. For information, contact Deloitte Tohmatsu Group.