

デジタルトランスフォーメーションで変わる社会インフラ

Social Infrastructure to Change with Digital Transformation



三嶋英俊*
Hidetoshi Mishima

要 旨

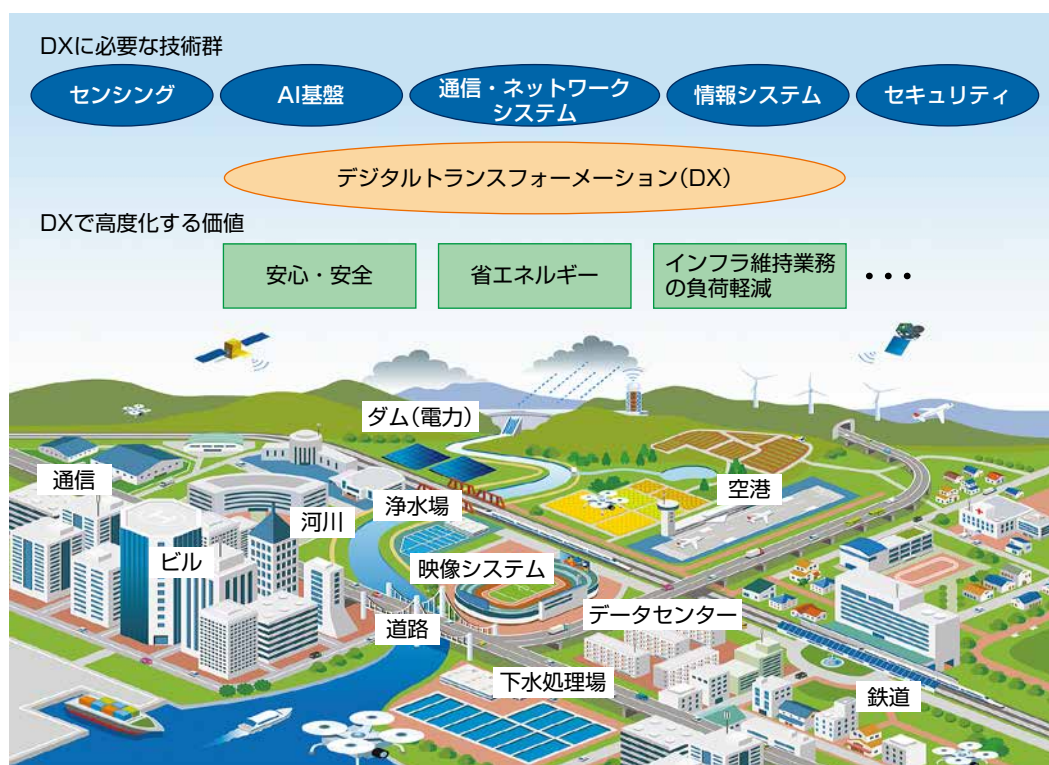
日本はSociety 5.0として、地球温暖化対策や自然災害に対する安全確保、労働人口減少への対策、エネルギー制約への対応など様々な社会的課題の解決と経済発展を両立させていく新たな社会の実現を目指している。これを戦略の柱として、国連で採択された“Sustainable Development Goals(SDGs)”を達成する。

社会インフラには、上下水道、道路、河川、鉄道、空港などの公共システムのほか、ビル、データセンター、映像システムなど公共性が高い様々な民間施設系システムがある。これらの施設は我々の生活を支えるため、フィジカル空間(現実空間)の状況をデジタル化してサイバー空間(仮想空間)で情報を処理・伝達し、社会課題を解決すること

が強く求められている。このように、デジタル化によって社会をより良い姿にしていこう動きは、デジタルトランスフォーメーション(DX)として今後の大きな潮流になって加速されていく。

例えば、地球温暖化対策として、発電部門の温暖化ガス排出抑制だけではなく、需要家側の施設の徹底的な消費電力削減に貢献する、又は、労働人口減少にはインフラ維持業務を効率化し、これに対応するなどである。このほかにもインフラとしては、自然災害に対する安心・安全の範囲を拡大するなど期待は大きい。

三菱電機は、DXに必要な技術を深化させて、社会インフラの進化とSDGsの実現に貢献する。



デジタルトランスフォーメーション(DX)で変わる社会インフラ

現実空間の状況をデジタル化して仮想空間で情報を処理・伝達し、社会インフラの各々の施設で社会課題を解決する。安心・安全、快適性や目標性能を損なわない省エネルギー、インフラ維持業務の負荷軽減などDXで価値を高度化し、Society 5.0の社会を実現する。

1. ま え が き

2030年までの国際社会共通の目標として、SDGsが国連サミットで2015年に採択され、折り返し時期に差し掛かろうとしている。このSDGs達成に向けて日本が戦略の柱として取り組むSociety 5.0の実現に、社会インフラが与える影響は非常に大きい。

また、世界規模でDXが普及期に入ってきており、デジタル化で社会インフラが更に高度なものになることが期待される。

本稿ではDXを支える技術群をまとめて、技術だけでなく、法律面・行政面からも影響を受けつつ進むDXによって変わる社会インフラについて述べる。

2. 社会インフラとDX

2.1 社会インフラのデジタル化

人々の生活には、水道、道路、空港などの公共システムが欠かせない。社会インフラは、地域の人々の生活を支えるこのような施設群で構成されている。施設では、それぞれの運用現場の状況をデータ化し、状況を把握しつつ運用されることが大きな流れになっている。

一般にDXとは、進化したIT技術を浸透させることで、人々の生活をより良いものへと変革させることと定義される。すなわち、デジタル化することによって、社会インフラで、より高度な価値を実現し、社会基盤を変革して、SDGsの達成に貢献していくことが狙いである。

当社は、社会インフラのシステムとして、上下水道、道路、河川、鉄道、空港や防災などの公共システムと、ビル、データセンター、映像システムなどの民間施設に関連するシステムを提供している。これらのシステムを、単なるデジタル化にとどまらずにDXを進めることが重要である。

2.2 デジタル化による変革への期待

社会インフラは、既存のITシステム技術の老朽化、システムの肥大化・複雑化などの問題があり、様々な分野で事業戦略上の足かせ、高コスト構造の原因になっていると報告されている。日本は約8割の企業が老朽化システムを抱える中、老朽化システムを抱える社会インフラは93%という高い数値になっている⁽¹⁾。

社会インフラでは、現実空間の状態をデータにして仮想空間に持ち込んで、現場の課題を解決するCPS(Cyber-Physical System)を適用することで、社会サービスを行う業務そのものやプロセスを変革していくことが期待され

る。例えば、より高いレベルの安心・安全を提供することや目標性能を損なわずに省エネルギーを実現すること、サービスを提供する際に不意のトラブルでのダウンタイムを限界まで短くすることに加えて、公共サービス提供のための業務自体の効率を高めて、地域住民の生活の快適性を実現するなど、施設の運用を通じて地域住民へのサービス提供にまで結びつけるよう期待されると考える。

情報通信白書によれば、日本企業のICT(Information and Communication Technology)投資は業務効率化を目的としたものが中心であり、事業拡大や新事業進出といったビジネスモデルの変革を伴うようなデジタル化は広がっていないとされている⁽²⁾。デジタル化が社会インフラに与える影響は、より高度な安心・安全であり、省エネルギーなどサステナビリティそのものであり、インフラ維持業務の効率化にとどまらない。この高度な価値を生む社会インフラこそが、Society 5.0やSDGs実現の重要な一翼を担うことにつながり、追求すべき社会インフラ像であると考えられる。

3. DXを支える技術群

DXを支えるCPSに使われるIT技術は、大きく分けて、センシング、AI基盤、通信・ネットワークシステム、情報システム、セキュリティの五つがある。この章では、これらの各技術の当社での取組みについて述べる。

3.1 センシング

各現場の状況をデータ化するために最初に必要になるのがセンシングである。従来できなかった公共サービスを実現するには、従来取り込めなかったデータをCPSに取り込むセンシングの技術は非常に重要である。

まず初めに光を使ったセンシング技術について述べる。近年、地球温暖化に伴う異常気象が増加しており、特に線状降水帯による集中豪雨、局地的大雨(ゲリラ豪雨)については、住民の安全な避難行動を促すためにより早期の警報発令が求められている。これに対応するため、高精度豪雨予測で被害を最小限に抑えることのできる社会の実現に向けて、水蒸気量を高精度・高分解能に把握する必要がある。当社は大気中の水蒸気量を高精度に計測し、豪雨の早期予測に貢献する水蒸気・風計測ライダー(LIDAR: Light Detection And Ranging)を開発した。図1のように、ライダーから大気に向けて、二つの波長のレーザー光を同時に出力し、大気中のちりに当たって跳ね返って戻ってきたレーザー光を同時に受信して計測する。一つの波長は大気中の水蒸気に吸収される波長、もう一つの波長は大気中の水蒸気に吸収されない波長にして、レーザー光の受信強度を比較することで気象レーダーでは捉えられなかった水蒸気

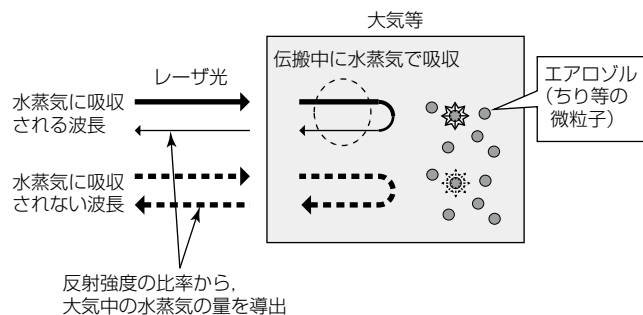


図1. レーザ光を使った水蒸気量計測の原理

量を計測する。同時に、当社がこれまで培ってきた風計測ライダー（大気中のちりなどの微粒子の移動速度や方向から風速・風向を計測）の技術で上昇気流も同時に計測することで、積乱雲の発生前の“雲の卵”をいち早くキャッチする。ゲリラ豪雨の約90分前の予測を支援することを目指し、研究開発を推進している。

次に、電波を使ったセンシング技術について述べる。東日本大震災では、津波によって多大な被害が発生した。自治体等が対策を取って安全に避難するためには、津波を十分遠方で捉える必要がある。当社は、短波帯と呼ばれる周波数（3～30MHz）の電波を用いることで、地球の形状に起因した水平線の向こう側の見通し外エリアでの津波の流速を観測できる海洋レーダに着目した。短波帯の電波は、地球表面に沿って回り込む性質があり、観測条件にもよるが、周波数24MHzでは津波の流速を約50km遠方まで観測できる。図2に示すように、波頭部を検出、推定することによって、津波の誤検出率を従来の10%程度から0.1%（レーダからの距離50km以内、ただし海面の状態等の観測条件による）にまで低減した。

3.2 AI基盤

センシング技術によって手に入れたデータを活用して、AI基盤で分析して予測する、又は、各々の施設の設備を制御することで、従来に比べて公共システムを更に効率的に運用することが可能になる。社会インフラの高度化には欠かせないAI基盤として、当社AI技術ブランドとして展開している“Maisart”が貢献する。

まず初めに、予測の例として、3.1節で述べた海洋レーダで得た津波の流速から、浸水深（陸地で浸水する深さ）を

予測する技術について述べる。この技術は、一般財団法人建設工学研究振興会と共同で開発したものである。津波は高潮や洪水流などと同様に長波理論に従うことが知られている。そのため浸水深は、海底地形が既知であれば、スーパーコンピュータを使用して複雑な計算によって、押し寄せてくる津波の経路に当たる海底の地形を考慮したシミュレータで求めることが可能になっている。図3の左半分に示すように、津波の流速値とシミュレータによって得られる、ある地点の浸水深の値について様々なデータセットをAIに学習させる。学習で得たモデルを適用して、地震による津波のセンシングとほぼ同時に浸水深を予測することが可能になる。

次に、予測した結果を制御に反映する例として、下水処理場で、生物反応槽の区画ごとに曝気（ばっき）（空気供給）量を制御する技術について述べる。下水処理に必要な酸化処理を行う生物反応槽への流入水の水質（アンモニア濃度）を数時間先までMaisartによって高精度に予測し、曝気量を制御する。図4に示すように、流入水質の予測値を用いたフィードフォワード（FF）制御を従来の処理水質のフィードバック（FB）制御に組み合わせて、水質変動に対する曝気量制御の応答性を向上させ、過剰な曝気を抑制できるようになる。この研究開発では、生物反応槽の区画ごとに適切な曝気量になるよう個別に制御することで、処

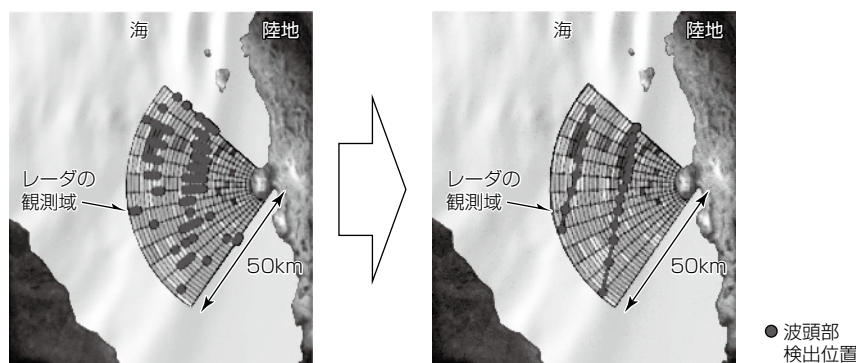


図2. 海洋レーダによる電波を使った津波検出の改善

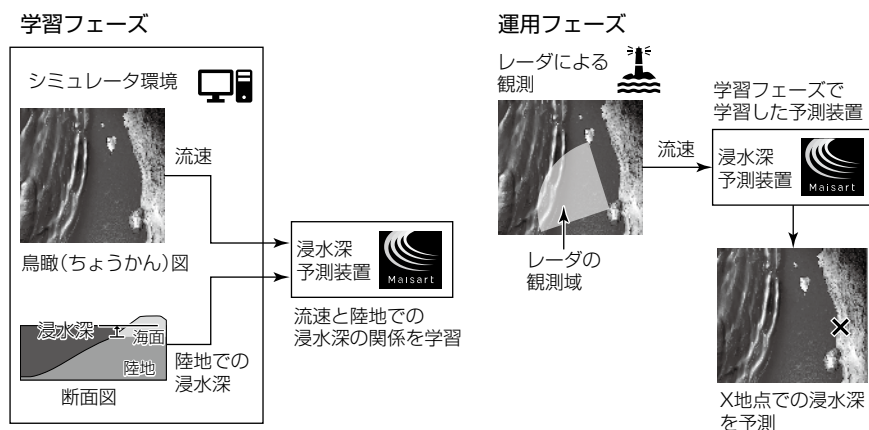


図3. 津波による浸水深予測の適用イメージ

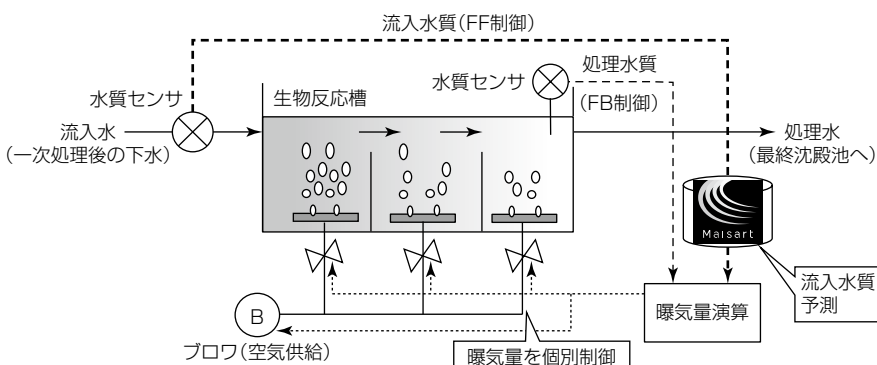


図4. 下水処理での曝気量の最適制御システム

理水質を管理値以下に維持しながら、曝気量を従来比約10%削減する目途を得た。これによって、日本全国の年間電力消費量の約0.7%に相当する約70億kWh⁽³⁾の電力を消費する下水処理場の電力消費量削減への貢献が可能になると試算している。

AI基盤技術としてディープラーニングを含む機械学習などの技術が飛躍的に進歩してきている。今後も、更にその進歩は続いて、社会インフラのデータを活用して、社会システムの様々な価値を獲得できるようになっていく。

3.3 通信・ネットワークシステム

デジタル化されたデータは、ストレージされるべきところや計算処理されるところに転送して使用される。そのため、通信・ネットワークシステムが必要になる。DXでは、データ量が膨大に増えていき、適用分野が広がることで、更にその通信容量の増加が加速する。3.2節で述べたAI基盤で、DXの適用対象に制御まで含まれるようになってくると、通信の高速化(低遅延化)も必要になっていく。移動体通信の分野では、図5に示すような社会を実現するため、国内で2020年に5Gの実サービスが始動したが、その超高速大容量、超低遅延、多数同時接続といった従来の移動体通信を超えた特長によって、5Gは、単なる

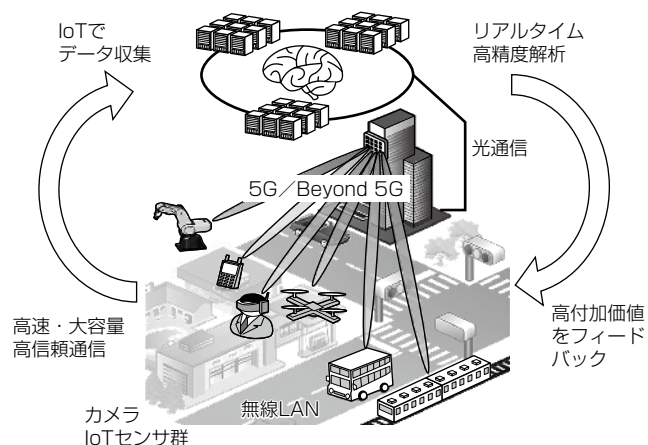


図5. 5G／Beyond 5Gが支える社会イメージ

通信手段から、未来のIoT(Internet of Things)社会を創造する重要な基盤技術になるとされている。さらに2030年の実現を目指したBeyond 5Gに向けた議論も既に開始され、その実用化に大きな期待が寄せられている。

また、総務省は企業や自治体が自らの建物や敷地内で利用可能な5Gを“ローカル5G”として2019年12月に制度化し、2020年12月には、広い

通信エリアの構築が可能で利便性が高いSub-6(サブシックス：6GHz帯未満の4.6~4.9GHz)の周波数帯が追加された。Sub-6の追加によって、ローカル5Gを活用したソリューションの利用環境が整い、今後の利用拡大が見込まれる。当社は、情報技術総合研究所(神奈川県鎌倉市)構内に顧客やパートナー企業と共同研究や実証実験を行うため、“5G OPEN INNOVATION Lab(5Gオープンイノベーションラボ)”を開設した。

ローカル5Gは、大容量、高信頼、低遅延、多接続な通信を自営網で実現可能なことから、産業や病院、農業、鉄道などへの適用が検討されている。施設内で障害物が極端に多い環境では、マルチパスの影響が強く、汎用的なモデルによる厳密な伝搬環境の推測は難しいと考えられる。したがって通信の安定性を評価(見える化)しておくことは通信・ネットワークシステム構築で重要である。当社は、これに対して、安定性を測定して解析できるようにしている。図6は、ある施設で、基地局からの電波の受信レベルを評価する基本的なパラメータであるRSRP(Reference Signal Received Power)と受信位置との関係をマップ化した例を示している。

3.4 情報システム

当社は、IoT・クラウド技術を活用して社会インフラでのシステムの効率的な運用・保守を実現する各種ソリューションの開発に取り組んで、図7のように、ソリューションに共通する機能を集約したIoTプラットフォーム“INFOPRISM”を提供している。INFOPRISMは、現場



図6. 施設内での受信レベルの評価例

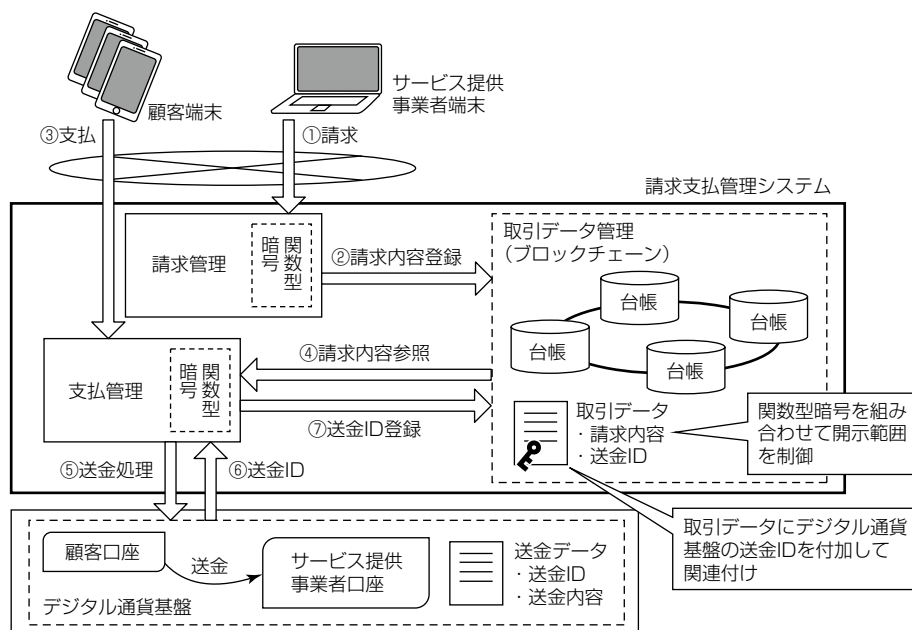
側に設置するハードウェアとクラウド上で動作するソフトウェア群で構成し、“データ収集・蓄積・可視化”“AI(機械学習)によるデータ分析”“高度なセキュリティ”を実現したものである。電力・社会インフラ分野で質の高い様々なソリューションをタイムリーに、短期間で提供するために、IoTソリューションの共通的な機能をまとめたものである。INFOPRISMは、様々な外部システムと柔軟につながり、必要なデータを自由に活用できるオープンなプラットフォームである、当社の設計思想“ClariSense”の考え方に沿っており、社会インフラのDXに貢献する。

社会インフラには、セキュリティ技術の搭載が重要である。近年のサイバー攻撃は、情報システムだけでなく、インフラ設備、プラント設備、工場の生産設備などの制御システムも対象にされており、操業停止などを狙い始めている。これに対して、当社は、①事業継続を重視した“セキュリティアセスメント”，②制御システムの変更を最小限にした“サイバーセキュリティ対策”，③継続的な監視・改善業務をサポートする“サイバーセキュリティ運用サービス”の三つのコンセプトに基づいたサイバーセキュリティソリューション“OTGUARD”を提供している。

まず、社会サービスを利用した場合の請求支払管理システムについて述べる。デジタル通貨を用いた決済システムが注目されている。

図 8 に示すように、決済の送金データはデジタル通貨基盤に保存されるが、その送金の取引データを送金データに含めることは様々な制約があり困難なことも多い。このシステムは、取引データ用のブロックチェーンに対して、請求内容とデジタル通貨基盤の送金IDを関連付けて記録することによって、デジタル通貨の取引データを安全に管理でき、取引データの状態に応じて送金の自動実行が可能である。さらに、取引データを当社暗号技術で暗号化することで、復号可能者や開示範囲を柔軟に設定できる。

次に、プライバシーデータを用いて計算をする際のデータ保護が実現できる秘匿計算技術について述べる。今後は図9に示すようなクラウドを用いた情報システムで多様なAIサービスが更に活発になっていく。しかし、一般に、AIサービスの利用者から送付された分析依頼データは、



10(730)

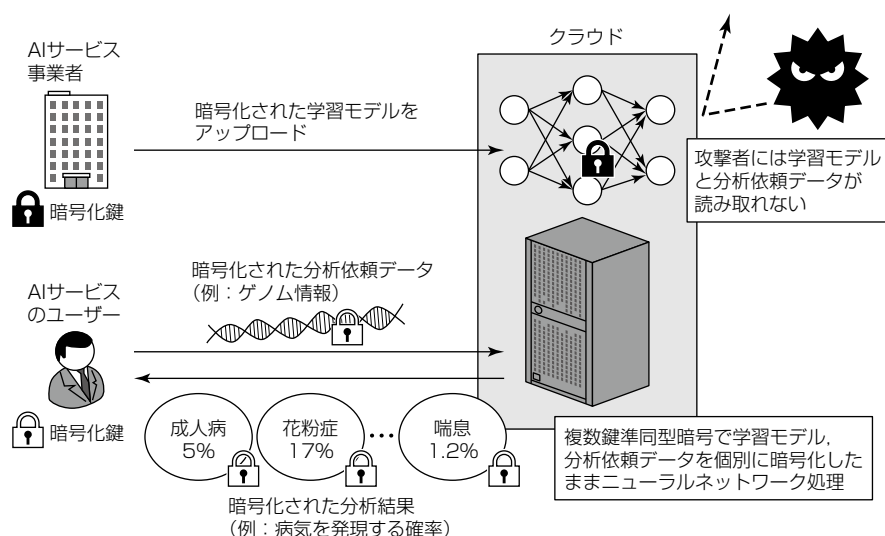


図9. 複数鍵準同型暗号を用いた秘匿計算システム

暗号化されたまま分析計算を行っても、良い結果は得られない。これに対応するため、異なる暗号化鍵から作られた暗号化データ同士でも演算できる複数鍵準同型暗号を用いて、分析依頼データとAIモデルを保護しながらAI分析処理ができる“秘匿AI分析技術”を開発した。この技術でAIの計算を行うと、AIの分析出力も暗号化されているため、サイバー攻撃されてもその暗号化された出力は復号しないと読み取れない。この技術によって、AIサービスのユーザーはデータ分析を安全にクラウドに依頼でき、AIサービス事業者も安全に学習モデルをクラウドに預けることができる。

4. データの積極的活用に向けて

CPSで社会課題を解決する現実空間の価値を実現するには、CPSに関する技術が高度化するだけでは足りず、CPSに取り込むデータを充実化することが非常に重要である。この章では、データの流通についての世界の動き、留意点など積極的活用のための技術開発以外の動きを述べる。

4.1 データ流通に関する世界の動き

世界経済フォーラム年次総会で、日本から“信頼性のある自由なデータ流通”が2019年1月に提唱された。現在、各国・地域で特色ある形で進んでいるDXを通じて、あらゆる国・地域が経済成長を実現するとともに、社会課題を解決するためには、デジタル技術の利用や規制などをめぐって望ましいガバナンスのあり方を検討する必要があるとされている。このように国際的にも行政的にも、利用者が信頼できるようにするための規制をかけつつ、データの流通を活発化する動向は、データによる社会システムの高度化には歓迎される動きであると言える。

また、DXの浸透に向けて、経済産業省は“デジタルガバナンス・コード”を定めた。その基本的事項は、情報処理促進法が定めるDX認定制度に対応している。

4.2 データ利活用での留意点

DX推進のデータ活用でしっかり成果を出すためには、次の四つの留意点が重要と考える。①データ管理、②データ特性把握、③データ活用、④データ保護である。

データ管理は、データ間の関係性を含めて、収集したデータを活用できるように整理し、滞りなくデータの使

用・追加・削除・更新を行えるような運用ルールを設定し、徹底することを指す。単にストレージにデータを入れておくだけであればすぐには使えないし、属人性を下げる、又はブラックボックス化からの脱却のためにもルールの徹底は重要である。

次に、データの特性把握であるが、多くのシステムではデータから規則性を導き出すことをしているため、バイアス（偏見）を回避するためデータの特性は常に把握しておく必要がある。

また、抽出された傾向や予測を業務運用に反映し、社会インフラの維持に関する業務プロセスの変革まで進めることが重要である。

最後にデータ保護に関しては、個人情報など法律にのっとって扱うことはもちろんのこと、サイバーセキュリティのレベルを高めるという視点は忘れてはならない。

5. む す び

SDGs, Society 5.0の実現に向けて、DXによって変わる社会インフラ像について述べた。DXを支える技術群の深化を加速させ、2030年に向けて、安心・安全、省エネルギーであっても快適性や設備稼働効率が落ちないような、サステナブルな未来社会の実現に貢献していく。

参考文献

- (1) 経済産業省：デジタルガバナンス・コードに関する取り組みについて（2020）
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/suishinkaigo2018/corporate/dai6/siryoul.pdf>
- (2) 総務省：令和3年版 情報通信白書のポイント（2021）
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/pdf/01point.pdf>
- (3) 国土交通省：下水道における資源・エネルギー施策の現状分析（2013）
<https://www.mlit.go.jp/common/001022698.pdf>