

## 4 情報ネットワーク総合研究所

# あらゆるものを「つなぐ」情報ネットワーク 社会基盤の発展に貢献する研究開発

情報ネットワーク総合研究所では、あらゆるものをつなぎ、地球とのつながりを持った情報ネットワーク社会基盤の発展を通して新たな価値の提供をめざし、研究開発を進めている。本稿では、取り組まれている研究開発の中で、最近の事例を紹介する。

### はじめに

IOWN 構想及び環境エネルギービジョンに資する研究開発として、情報ネットワーク総合研究所では、情報ネットワーク社会基盤の発展に貢献する技術の研究開発を推進している。具体的には、①あらゆるものを「つなぐ」ネットワークを支える技術、②地球と「つながる」社会を支える技術の研究開発に取り組んでいる(図1)。

本稿では2つの取組方針に沿う形で最近の研究開発事例を紹介する。

### あらゆるものを「つなぐ」ネットワークを支える技術

これからのネットワークには、あらゆるモノ・コトも含めて最適かつナチュラルに結びつけることで既存の産業構造の枠を越えた新たな価値を生み出し、社会全体の持続的な発展に貢献することが求められる。また、障害や災害なども含めたあらゆる変化に対応することも求められる。そこで、あらゆる「つなぐ」ことをめざし、競争力のあるネットワーク基盤技術の創出、また、ネットワーク運用を高度化するとともにあらゆる変化に対応して「つなぎ続ける」ことをめざしロバストネット



日本電信電話株式会社  
情報ネットワーク総合研究所  
所長 立元 慎也氏

ワーク技術の創出に取り組んでいる(図2)。以下で、これらの技術の一例を紹介する。

### (1) APNのアーキテクチャ・制御／基盤技術

IOWNでは、特定の通信プロトコルに依存せず、遅延を極限まで低減し、高速大容量なトラフィック流通をめざしている。それを実現するオールフォトリクス・ネットワーク(APN)は、多重やスイッチングといった電気処理を極小化し、エンド・ツー・エンドかつ柔軟な光パス接続を提供する。このAPNの実現に向け、APNを横断するエンド・ツー・エンドの光パス提供に寄与する2つのノード(Photonic EX (Ph-EX)、Photonic GW (Ph-GW))の研究開

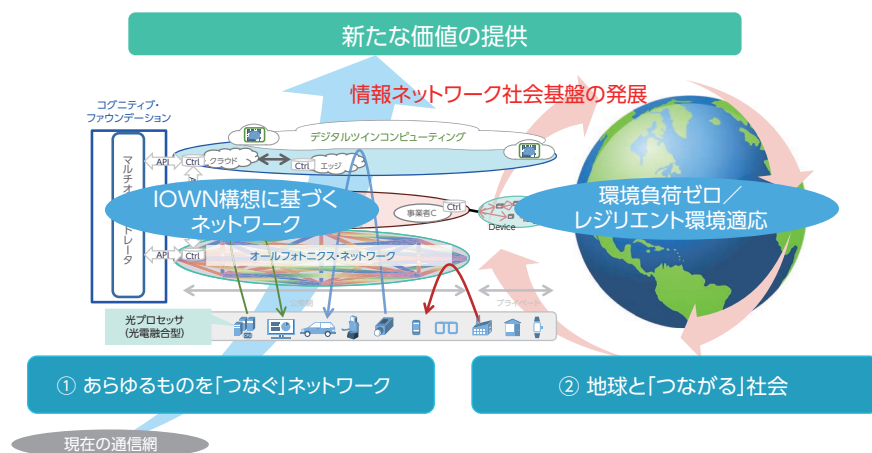
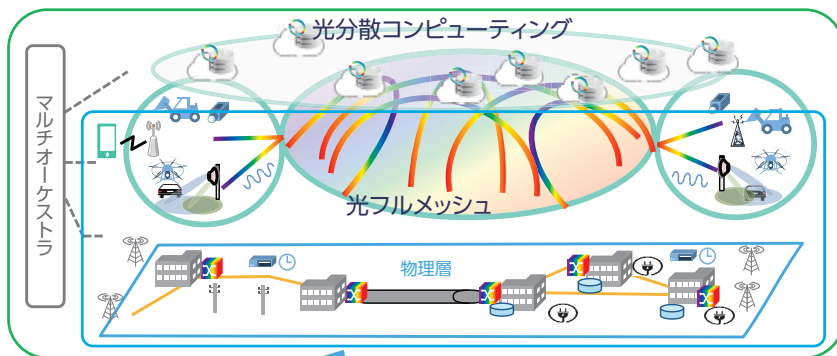


図1 NW 総研の取組み方針



- 【ネットワーク基盤技術】**

  - (1) APNのアーキテクチャ・制御／基盤技術
  - (2) インフラを融合・協調するアーキテクチャ・連携技術
  - (3) 5G Evolution／6G向け無線技術
  - (4) 光ファイバ技術
  - (5) ネットワークサービス提供技術

**【ロバストネットワーク技術】**

  - (6) ネットワーク最適設計制御技術
  - (7) ネットワークオペレーション・AI関連技術
  - (8) 無線マナジメント技術
  - (9) 所外業務スマート化技術

図2 あらゆるものを「つなぐ」ネットワークを支える技術概要

発に取り組んでいる。

Ph-EX、Ph-GW のシステムアーキテクチャをオープンに議論するため、IOWN Global Forum (IGF) に参画し、Open APN として、グローバル適用可能な技術や実現に必要な機能の定義を進めている。

**(2) インフラを融合・協調するアーキテクチャ・連携技術**

APN や種々の無線ネットワークを活用しつつ、情報処理基盤やデバイス機能と機能連携させることで、従来のインターネットやクラウドでは実現できない高度なサービスを提供することをめざし協調型インフラ基盤の研究開発を進めている。情報処理、ネットワーク、デバイスの各領域の要素機能群と制御機能から構成され、それらが協調制御されることで、エンド・ツー・エンドでミッションクリティカルなシステム要件をサポートする。各領域の要素機能は、提供サービスに応じて機能を組み合わせることで構成可能とすることを志向しており、これにより MEC (Multi-access Edge Computing) やエッジデータセンタの基盤として柔軟に機

能配備することをめざしている。

**(3) 5G Evolution / 6G 向け無線技術**

IoT デバイスを代表とする多種多様な無線通信デバイスの普及により、5G Evolution / 6G では無線通信システムに要求される品質や利用シナリオの多様化が予想される。そのため、無線通信デバイスや利用シナリオに応じた膨大な検証データの取得をいかに効率的に実施するかが鍵となる。そこで、無線空間の変化の再現や、多様な利用シナリオの再現を実現するために、無線空間再現技術に取り組んでいる。具体的には、①光伝搬を活用した伝搬モデルの推定、②無線空間再現用シミュレーション、③メタサーフェス反射板などの無線特性可変装置の協調制御で構成される無線空間再現技術を検討している。

本技術を適用した次世代無線検証設備の基盤構築が完了しており、有効性の検証を進めている。

**(4) 光ファイバ技術**

APN におけるトラフィック量は膨大となるため、光ファイバの伝送容量の拡大が必要となる。このため、光

パスの容量拡大や波長多重に加えてマルチコアファイバによるコア多重とマルチモードファイバによるモード多重、さらにはこれらの組み合わせによる高密度化が重要となる。

モード多重伝送では、光ファイバ中の減衰量や光増幅器の増幅効率がモード間でわずかに異なるため、長距離伝送時、モード間の光強度差が増大し、受信装置内の電気処理信号を複雑化し、伝送可能距離を制限してしまうことが課題である。そこで、小型・量産性の優れた PLC (Planar Lightwave Circuit) 技術を活用し、特定モードの光強度を選択的に減衰させ、モード間の光強度さを補償することを実証している。

**(5) ネットワークサービス提供技術**

IOWN 時代における社会の多様な価値創造を持続的に支える ICT 基盤の実現をめざし、多様なサービスの利用者や提供者等の様々な目的・要求 (Intent) をくみとり、あらゆる変化に対し自律的・永続的に Intent を満たす設計・運用を支えるインテリジェンス技術群を Intent-based Intelligent Operation と総称し、研究開発を進めている。具体的には、①様々なサービス・プレイヤの Intent を指標化・定量化し規定する「Intent 規定」、②Intent に基づきながら需要/環境変化に自律的に適応し監視・分析を行う「Intent-aware AI」、③クラウドサーバ、ネットワーク、アプリケーション制御を協調させることで効率的に Intent を満たすように対処する「Mintent (Intent AI メディエータ)」に取り組んでいる。また、Mintent の 1 技術である体感品質・データ通信量最適化技術を用



## NTTのR&amp;D戦略—IOWNが動き出す

いて途切れにくい Web 会議の実現を実証している。

#### (6) ネットワーク最適設計技術

APN が本格化しデータセンタ間等の光パスの需要が高まってくると、ネットワーク全体に必要な波長数の増加が想定されるとともに、特定の区間において光パスが集中する可能性を考慮する必要がある。また、オンデマンド映像配信サービス等、短期間で光パスの利用が増えくると、光パスの空き状況を考慮した頻繁な波長の割り当ての考慮も必要となる。このように、波長リソースを効率的に利用するためには、光パスの利用状況に応じた波長の割り当てが重要となる。ユーザからの要求条件やネットワークの効率性、さらに伝送方式の組み合わせ等を総合的に評価することでネットワーク設計を最適化する研究を進めている。また、システム障害や大規模災害に対し、耐性のあるネットワーク設計についても取り組んでいる。

#### (7) ネットワークオペレーション・AI 関連技術

ネットワークシステムの複雑化により運用が高難度化することが想定される。その中で、障害への耐性を高めるためには、異常をいかに早く把握することが重要となる。そこで、ディープラーニングを用いて、システムの潜在的なリスクを早期に検知する異常検知技術 DeAnoS (Deep Anomaly Surveillance) に取り組んでいる。さらには、装置やネットワークのデジタルツイン環境を活用し、想定外の事象の極小化も取り組む。

また、ネットワークシステムのブラックボックス化に対する取り組みとして、実装装置に依存せずネット

ワーク内外の様々な情報に基づいたインテリジェントな状況の見える化の実現もめざしていく。

#### (8) 無線マネジメント技術

5G Evolution / 6G では更なる大容量化のため周波数の高いミリ波帯やサブテラヘルツ帯の移動通信を活用することが検討されている。これら周波数帯は遮蔽物による電波伝搬の減衰が大きいと、遮蔽物対策が重要となる。1つの基地局から多数のアンテナを分散配置し、移動端末に向けて複数方向から無線伝送する高周波数帯分散 MIMO (Multi-Input Multi-Output) が解決方法の1つとされている。28GHz 帯を用いた分散 MIMO において、エリア内の無線伝搬状況や移動端末の位置などの環境情報をシステム自身が把握し、環境に応じて基地局の分散アンテナを動的に切り替える技術の実証実験を NTT ドコモ、NEC と連携して行っている。

#### (9) 所外業務スマート化技術

ネットワーク運用の高度化の一環として、アクセス設備のデジタルデータ化による所外業務のスマート化に取り組んでいる。道路をはじめとする社会インフラは、老朽化の進行、点検コストの増加、点検員の不足といった問題を抱えている。そこで、モバイルマッピングシステム (MMS) やドローンなどで撮影した画像から複数のインフラ設備を一括して識別・点検可能とする画像認識技術に取り組んでいる。具体的には、MMS で同時に撮影した沿道の画像から、複数のインフラ設備に発生している錆を高精度に検出できることを実証している。

## 地球と「つながる」社会に向けた技術

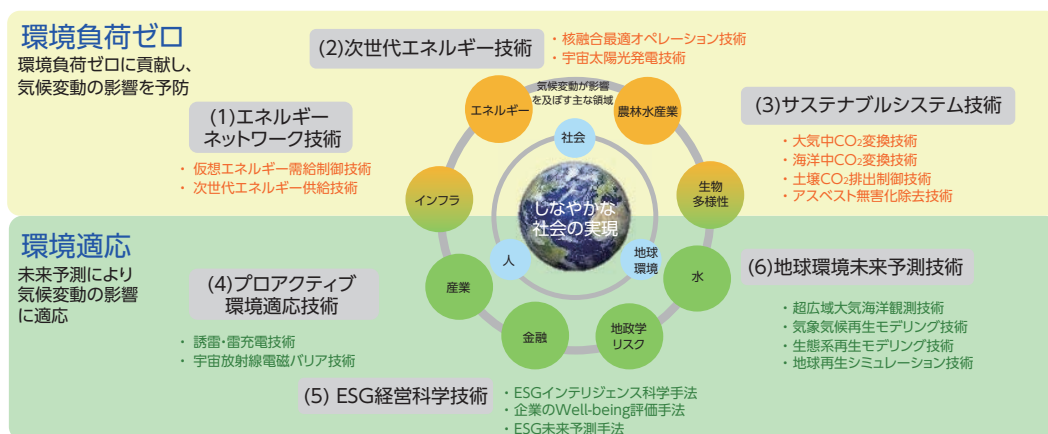
地球環境の再生と持続可能かつ包摂的な社会の実現に向け、環境負荷ゼロへ貢献する技術の研究開発に加え、核融合や宇宙発電など次世代エネルギー技術やレジリエントな環境適応を可能にする技術の創出をめざしている。これらの取組みの1例を紹介する。

#### (1) エネルギーネットワーク技術

再生可能エネルギーを最大限に活用するため、NTT ビルの ICT 装置の情報処理量や蓄電池・電気自動車の統合制御により、再生可能エネルギーの出力変動を吸収する仮想エネルギー需給制御技術と、安全で高信頼な直流給電を活用し、再生可能エネルギーの地産地消や超レジリエントな給電を実現させる次世代エネルギー供給技術の研究を進めている。すでに事業会社と連携した実証実験を開始しているほか、屋外で直流給電を安全に利用するための技術仕様など成果を創出している。

#### (2) 次世代エネルギー技術

核融合炉の安定高出力運転を実現するための核融合最適オペレーション技術と、宇宙空間で得られたエネルギーを地上へ大量かつ効率的に無線伝送する宇宙太陽光発電技術の研究を進めている。核融合最適オペレーション技術では、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構と ITER 国際核融合エネルギー機構と連携し、IOWN を駆使した核融合炉中のプラズマ安定制御に関する研究を進めている。宇宙太陽光発電技術では、まずは地上で長距離無線送電する研究を進めており、ドローンへ



上げや実際の事業での未来予測・検証を進めていく。

### (6) 地球環境未来予測技術

地球環境の再生の道筋を明らかにし、環境の変化に適応するしなやかな社会の実現に向け、超広域で大気・海洋を観測することで地球の物理過程による気

の給電や停電エリアへの無線送電のほか、宇宙空間や月面での利用を検討している。

### (3) サステナブルシステム技術

大気、水中、そして土壌のCO<sub>2</sub>を削減するCO<sub>2</sub>変換技術の研究を進めている。具体的には、ゲノム編集を植物、藻類に適応し、CO<sub>2</sub>吸収量を増加させるとともに、食物連鎖・循環の中で大気中のCO<sub>2</sub>量を減らし、地中や生物・有機物への長期固定量を増やす研究をしており、リージョナルフィッシュ株式会社や株式会社ユーグレナ等のスタートアップとも積極的に連携し、活動の幅を広げている。また、このほか、レーザ光を活用して建築材料のアスベストを無害化する研究にも取り組んでいる。

### (4) プロアクティブ環境適応技術

現状でもある程度予測可能な雷と宇宙線にプロアクティブに対応する研究を実施している。雷に関しては、ドローンで落雷を捕捉し所望の場所に誘導することで重要設備への落雷被害の防止、および雷の電気エネルギーを蓄電・活用する技術について研究している。耐雷ドローンについては、人工雷での検証を終え、自然

雷での検証を日本でもっとも冬季雷の多い地域である石川県内灘町に行っている。宇宙線に関しては、宇宙天気予報として主に太陽活動による宇宙線の影響が国立研究開発法人情報通信研究機構より報告されている。従来から、宇宙線によって通信装置内の半導体が誤動作するソフトウェアの評価技術の高度化を行っており、これを発展させ、宇宙線による宇宙機器・人体への影響の評価、および強力な電磁界による影響の低減に向けて宇宙放射線電磁バリアの研究を進めている。今後は宇宙データセンタや月面基地など宇宙線の影響をダイレクトに受ける宇宙空間において、プロアクティブな宇宙線防護技術の実現をめざす。

### (5) ESG経営科学技術

会社経営に関する予測不能なリスクにもNTTグループがしなやかに適応できるESGに関する経営戦略の策定に向け、人間社会と環境影響の未来を予測する研究に取り組んでいる。新たな学術分野であるため、これまではさまざまな調査分析、情報源の選別と収集・分析の自動化、および外部機関との議論を重ねてきており、今後は学会での研究会立ち

象・気候の高精度なモデル化を実現するとともに、地球の生物・化学的過程による生態系のモデル化を行い、地球の再生過程を未来予測することをめざしている。特に台風や線状降水帯などの極端気象のエネルギー源である洋上の水蒸気や海中情報については、現状ではほとんどリアルタイムに観測されておらず、未踏領域となっている。衛星IoTを活用して、これらをリアルタイムに測定・分析するとともに気象・気候モデルを高度化するため、沖縄科学技術大学院大学(OIST)、国立研究開発法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)、および横浜国立大学先端科学高等研究院台風科学技術研究センター(TRC)と連携し、研究を進めている。

## おわりに

本稿では、情報ネットワーク総合研究所の研究開発の取り組みと具体的な研究開発の一例を紹介した。今後も従来技術の限界を超え、社会を支えていく革新的な情報通信技術及び環境エネルギー技術の研究開発を、国内外の研究者やビジネスパートナーとも連携しながら推進していく。