

# 光ネットワークのオープン化への取り組み

日本電気株式会社

## 目次

|                              |    |
|------------------------------|----|
| はじめに .....                   | 3  |
| ネットワークの未来 .....              | 3  |
| 光ネットワークのオープン化 .....          | 4  |
| オープン化の課題と解決 .....            | 7  |
| 運用保守インタフェースの標準化 .....        | 7  |
| オペレーターの保守運用プロセスの高度化.....     | 7  |
| システムインテグレーション .....          | 7  |
| NEC の提供する価値 .....            | 8  |
| オープンアーキテクチャによる広範なエコシステム..... | 8  |
| 運用の高度化 .....                 | 8  |
| 光ネットワークの AI 分析.....          | 9  |
| マルチレイヤ管理 .....               | 10 |
| オープン光トランスポート .....           | 10 |
| 高性能光デバイス .....               | 11 |
| NEC が目指すもの .....             | 12 |

## はじめに

NEC は、世界に先駆けて日本が直面した人口減少や、地方創生などの問題、SDGs のような多くの国家が協力しながら取り組むグローバルな課題への解を見つけるため、多くのステークホルダーとの「オープンな共創関係」を深め、一丸となって新たな社会システムのデザインに取り組んでいます。

本ホワイトペーパーでは、光ネットワーク領域に焦点を当て、ネットワークの未来と、光ネットワーク領域で進んでいるオープン化の進展と課題、そして NEC が提供する価値について記載します。

## ネットワークの未来

世界では今、人・モノがつながる IoT、知能を拡張する AI、サイバー空間と現実世界を高度に融合させるシステムなどデジタル技術が急激に発展しています。それにともない、その技術を社会に浸透させ、イノベーションの創出を加速し、SDGs をはじめとした社会課題を解決していく変革が進んでいます。たとえば、新たな社会を目指す Society5.0 では、IoT ですべて人・モノがつながり、現実世界のセンサーからの膨大な情報をサイバー空間に集積します。サイバー空間では、この集積されたビッグデータを AI が解析し、その解析結果を現実世界の人々に様々な形でフィードバックすることで、これまでにはなかった新たな価値を産業や社会にもたらそうとしています。

この変革を加速させるには、ネットワークの進化が重要な役割を果たします。サイバー空間と現実世界をつなぐネットワークは、いつでも、どこでも、だれもが、安心安全に利用できるような必要があります。そのために、ネットワークは使いやすいように部品化され、必要な時に必要なものがすぐに利用可能になっている必要があります。

たとえば、ビジネスのアイデアを思いつき実現したいと思った時、必要なコンピュータリソースとネットワークを必要な時にすぐに手に入れることができれば、アイデアをただちに形にし、試行錯誤を繰り返しながら、ビジネスをより良いものにすることができるようになります。しかし、ネットワークの提供に数か月かかるとすれば、その営みは、ときにあきらめざるを得なくなってしまうます。

必要とされるネットワークも、つなげるものによって適した形は異なります。ネットワークを利用する範囲は、センサーネットワークやローカル 5G、データセンター間ネットワークなどに広がり続けており、また、イベントのためだけに使うなど、必要とされる期間もさまざまになってきています。単一仕様のネットワークではこのような要望に応えることは難しいです。ユーザーの多種多様な要求に応じて仕様をオンデマンドに変更・提供できるネットワークを提供できるようになれば、用途に応じた最適なサービスを提供できるようになります。

さらに、利用するアプリケーションと連携して、ネットワークの形を動的に変えることができれば、例えば、コンピュータリソースの使用状況によってネットワークを動的に変更することができるようになれば、リソースの最適化や省電力化を図ることもできるようになります。いつでも、どこでも、必要な時に必要なネットワークを迅速に利用可能にすることはイノベティブな社会の基盤となります。

一方でコンピューティングの世界では、すでに仮想化・クラウド化が進展し、適切なリソースを必要な時に迅速に提供できる柔軟なシステムが構築されてきています。ユーザーは必要な時に、コンピューティングリソースをサービスとして提供を受けることができ、新しいサービスが次々に生まれるイノベティブな社会の基盤になっています。この推進力となったのは、機能の分離（Disaggregation）とその仕様やインタフェースを定義、公開するオープン化です。特定のベンダが開発したもののみでシステムを作るのではなく、自由な製品・ベンダの組み合わせでシステムを構築することができるようになったことで、新しい技術の導入、たとえば、仮想化、クラウドプラットフォームへの展開、他システム

との連携、全体のオーケストレーションなどが加速し、適切なリソースを必要な時に迅速に提供できる柔軟なシステムへと進化を遂げていきました。

## 光ネットワークのオープン化

ネットワークにおいても、コンピューティングと同様に、機能を分離し、仕様やインタフェースを定義、公開し、マルチベンダのエコシステムに基づいたオープンなアーキテクチャへの移行をすることが、進化を加速し、適切なリソースを必要な時に迅速に提供できる柔軟なシステムへ変えていくカギとなります。

これまでネットワークは、日々増大する大容量のトラフィックを伝送するという要望に応えようと進化を遂げてきました。かつて汎用デバイスで実現されていたネットワークは、専用のデバイス・システムを開発することで、高速・広帯域化に対応をしてきました。その結果、ネットワークは垂直統合したシステムとして個別に提供され、クローズドなシステムとなっています。ネットワークの用途ごとに、エリア、レイヤで、個別に提供され、通信事業者はそれぞれを個別に運用することで、ユーザーが求めるサービスを提供しています。ユーザーにエンドツーエンドのサービスを提供しようとする、個別に運用された一つ一つに手を入れる必要があり、サービス開通や変更には時間がかかり、また、その維持運用コストは膨大なものとなっています。

この状況から脱却し、用途やレイヤにまたがってオペレーションを共通化したり、様々なベンダが作る先進的なアプリケーションからネットワークを制御したりするためには、仕様やインタフェースを公開したオープンなアーキテクチャへの移行が必要です。すでに、モバイルネットワークの領域では、Beyond 5G に向けてネットワークのオープン化の議論が活発に進んでいます。光ネットワークの領域においても以下に示すようにネットワークに求められる機能が変わってきているため、同様にオープン化を加速させる必要があります。

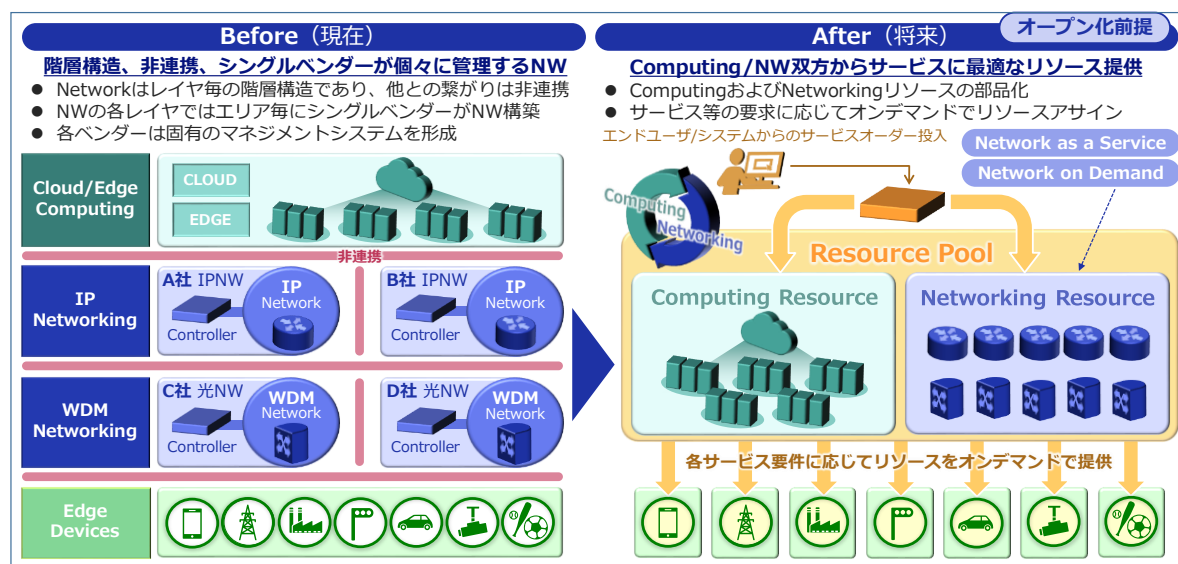


図 1 オープン化によって実現する世界

これまで光ネットワーク、とくに WDM などのシステムは大容量のトラフィック伝送を得意とするがゆえに、主にネットワークのコア領域に適用されてきました。コア領域で伝送されるトラフィックは、

多くのユーザーのトラフィックの総和であり、1ユーザー当たりの帯域は小さいためにその総和の変動は大きくなく、必要となる帯域は予測可能なものでした。そのため、光ネットワークは、計画的に固定的なものとして構築され、柔軟に変更するという要求は高くはありませんでした。

しかしながら、コンピューティングのクラウド化がすすんだことにより、クラウドアプリケーションを実行するためのデータセンター間のトラフィックが増大し、トランザクションあたりに必要な帯域が増大しています。必要となる通信は、データセンターの使用状況に大きく変化するようになってきており、結果、コア領域でも必要となる帯域がダイナミックに変化するようになってきています。これに対応するためには、広帯域な光ネットワークにおいても需要に合わせて動的に、さらには、送信／受信の帯域を独立に変えることが求められるようになってきています。

例えば、昼間と夜間でネットワークの構成を変えたり、コンピュータリソースの使用状況によってネットワークをダイナミックに変えたりすることができるようになれば、コンピュータリソースの有効活用を図ることができるようになります。現状数十%程度といわれているコンピュータリソースの稼働率を大幅に向上させたりすることができるようになります。

さらに、光ネットワークはコア領域だけではなく、エッジ領域にまで広がってきています。現実世界から膨大なデータを収集してサーバー空間で、リアルタイムに解析し、その結果を現実世界に様々な形でフィードバックしていくため、よりデータの発生源に近いところで処理を行うエッジコンピューティングがすすんでいます。コンピュータリソースが分散配置され、それをつなぐ光ネットワークの適用領域も広がってきています。そのため、エッジ領域においてもデータの分散処理と光ネットワークを一体として動的に変えていく要求が高まってきています。

これらの要求にこたえていくためには、光ネットワークを、それを利用するクラウドサービス、インターネット、モバイル等と連携させ、さらに最新の技術を次々と取り込んでいく必要があります。そのためには、オープンなアーキテクチャに変えていく必要があります。光ネットワークをマルチベンダのエコシステムに基づいたオープンなアーキテクチャで構築することで、ベンダに依存せずにさまざまなアプリケーションやモバイルネットワーク等と連携させることができるようになります。これによりサービス全体をエンドツーエンドでオーケストレーションすることが可能になり、また、最新技術を迅速に取り込むことができるようになります。

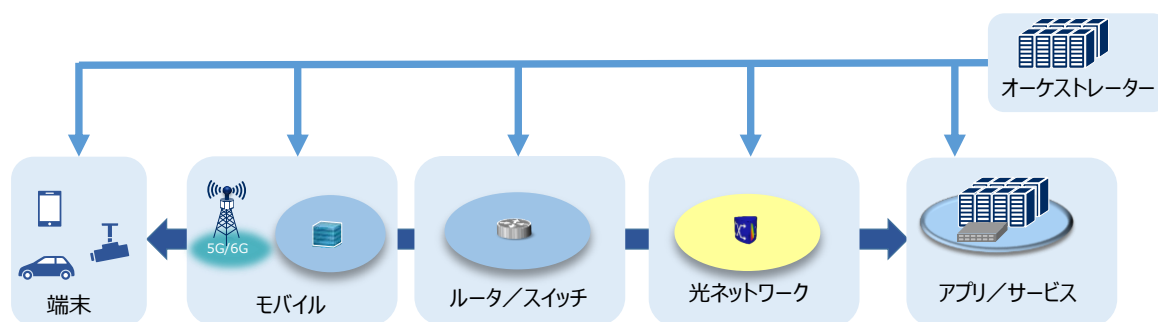


図 2 エンドツーエンドのオーケストレーション

さらに、オープン化は、光ネットワークを持続可能なものへと進化させることができます。まず、災害や調達リスクに強いネットワークを構築することができます。ネットワーク機器をマルチベンダ化することで、災害やあるいはベンダの一方的な都合により機器が調達できなくなったとしても、代替機器

を調達することでサービスを継続することができます。

また、運用保守業務も持続可能なものへと変えていくことができます。WDMをはじめとした光ネットワークの運用保守業務は、高度なスキルが必要とされる一方で、使用している装置のベンダごとに必要となるスキルが異なっていました。導入しているベンダごとに保守員を確保し業務プロセスを構築することは運用保守のコストを押し上げる一因となっています。また、高齢化等により保守員の確保も難しくなっています。光ネットワークをオープン化し、標準化されたオープンインタフェースを活用して業務プロセスを構築することでオペレーションを共通化することができます。くわえて、AI と連携させて運用保守を高度化させたり、アプリケーションと連携させて運用の自動化を行ったりすることで運用保守業務を持続可能なものへと変革していくことができます。

さらに、カーボンニュートラルに向けたエネルギー削減にも寄与することができます。省電力の機器を選択することに加えて、オープン化された仕様を専用のデバイスではなく、汎用の CPU やデバイスを使って実現することで、機器の構成部品をコンピュータで使用されるデバイスと共有化することができます。これによりこれまで専用モジュールで構築していたネットワーク機器と比較して製造にかかるエネルギーを削減することができます。

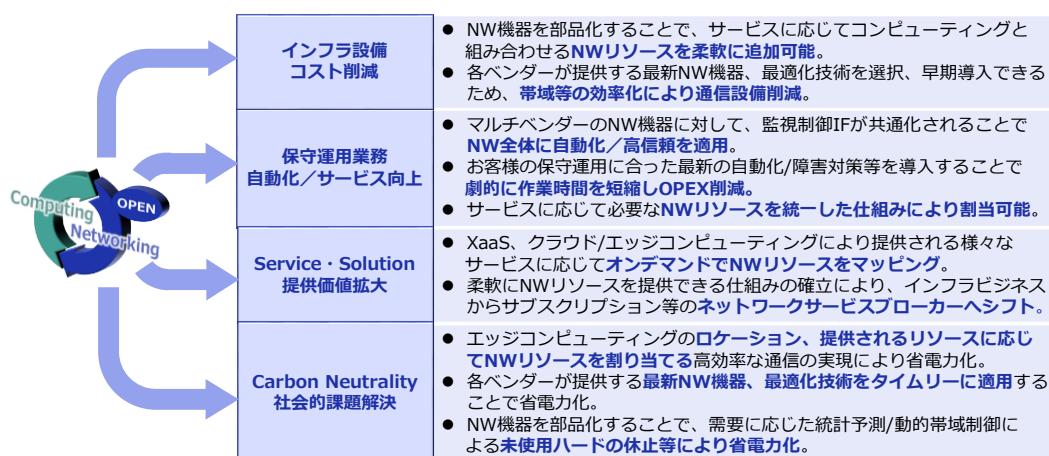


図 3 光ネットワークのオープン化の利点



## オープン化の課題と解決

光ネットワークのオープン化を進めるためには、そのための道具、それ利用する業務プロセスの変革、そして、道具を組み合わせるインテグレーションが必要となります。

### 運用保守インタフェースの標準化

これまで光ネットワークを運用保守するためのインタフェースはシステムやベンダごとに異なって提供されてきました。これをベンダ非依存のものとし、どのネットワークであったとしても共通のインタフェースで制御・運用保守ができるようにする必要があります。そのためには、光ネットワークを構成するコンポーネント、光伝送装置やトランスポンダなどの機能を定義し、それぞれの制御インタフェースをオープンなものとして標準化し、システムへの実装を行う必要があります。標準化は各種団体で進められており、また標準化されているインタフェースを持った製品の開発も多くのベンダで進められています。NEC はその活動に積極的に参画し、オペレーターやベンダと連携し、標準化やシステムへの実装の推進を行っています。

### オペレーターの保守運用プロセスの高度化

新たに定義されたオープンなインタフェースを活用するためには、それを使いこなすプロセスの変革も必要となります。オペレーターは、これまで、各レイヤ、各エリア、各機能（例えば線路保守、ネットワーク設計、運用等）で、属人的、業務縦割り、管理データが非連携状態となっていたようなオペレーションから脱却し、各システムに閉じた最適化ではなく、オープンなインタフェースを活用した全体最適なオペレーションを行うことができる体制に変革する必要があります。オペレーターのオペレーションは、領域ごとに長年にわたって磨き上げられてきたことから、それぞれの完成度は高く、それを統合する新しい体制への変革は一筋縄ではいかないかもしれません。NEC は、モバイル領域で先行しているオープン化とオペレーション改革のノウハウもとにオペレーターの変革の後押しを行います。

### システムインテグレーション

これまで垂直統合型のシステムでは、通信機器ベンダが各モジュールを設計・評価し、組み上げ、システムとしての動作を保証してきました。一方で、オープン化されたコンポーネントを自由に組み合わせてシステムを作り上げるためには、オペレーターの要件に基づいた機器やソフトウェアの選定、動作確認、オペレーション体制の構築、バグや脆弱性の管理などを担うインテグレータの役割が新たに必要になります。NEC は、長年通信事業者向けの製品や高信頼のネットワーク構築を行ってきた知見と経験をもとに、オープン化されたコンポーネントを組み合わせ、キャリアグレードの光ネットワークを構築するインテグレーションを提供します。また、様々なオープン化製品の企業とパートナーを組み、エコシステムの構築を推進します。

## NEC の提供する価値

### オープンアーキテクチャによる広範なエコシステム

NEC は、ネットワークから IT ソリューションに至る幅広い機器やソフトウェアの提供、システム構築・運用を行っています。光ネットワークに AI やクラウド技術、モバイル技術を連携させ、オープンアーキテクチャによる広範なエコシステムを構築し、サービスをインテグレーションします。

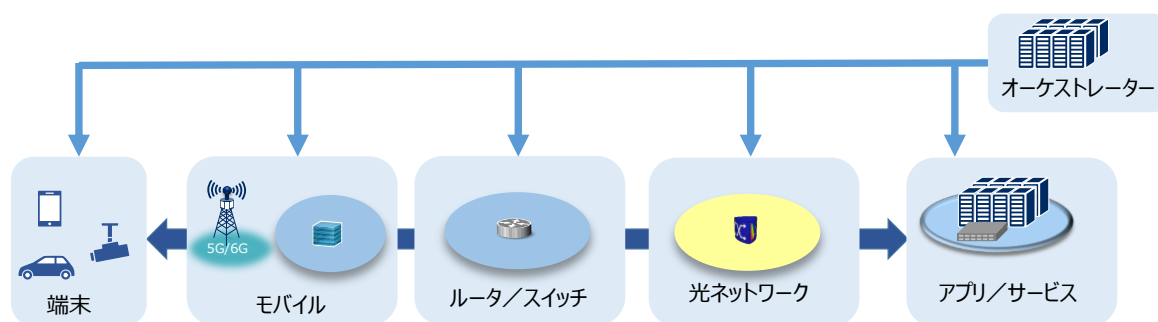


図 4 広範なエコシステム

これまでのクローズドなネットワークでは難しかったレイヤやエリアをまたがったエンドツーエンドの最適化や、最新技術の迅速な取り込みといったことに対応するため、オープン化されたコンポーネントを適材適所で組み合わせ、ネットワークの仮想化、クラウド化、運用の高度化といったイノベティブなネットワークをキャリアグレードで構築するインテグレーションを提供します。

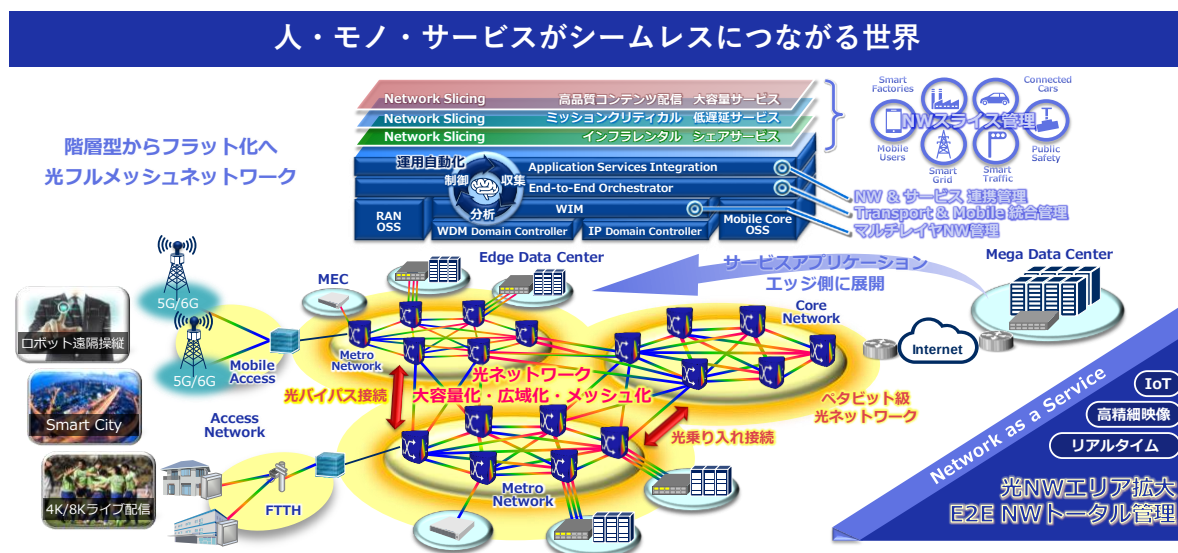


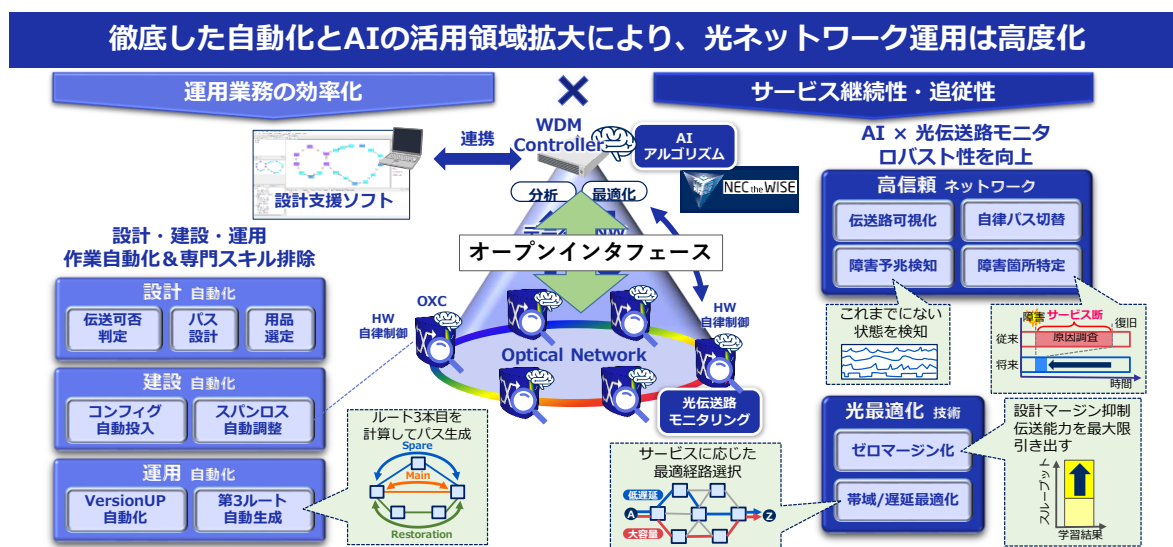
図 5 人・モノ・サービスがシームレスにつながる世界

### 運用の高度化

光ネットワークを運用していくには、設計・建設・保守の複雑プロセスが必要です。これを安定的に行い、さらには、ユーザーの要件に応じたカスタマイズしたサービスを短時間に提供していくためには、

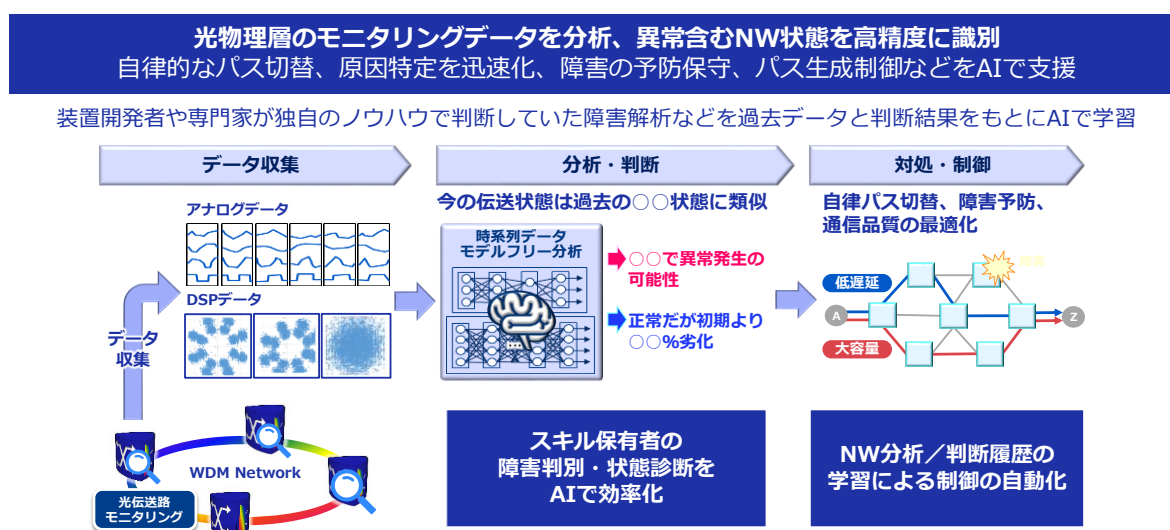


業務の自動化そしてAIの活用が不可欠です。NECはオープンなインターフェースを活用したAIやビッグデータ解析のアプリケーションと組み合わせることで、運用の高度化を実現します。



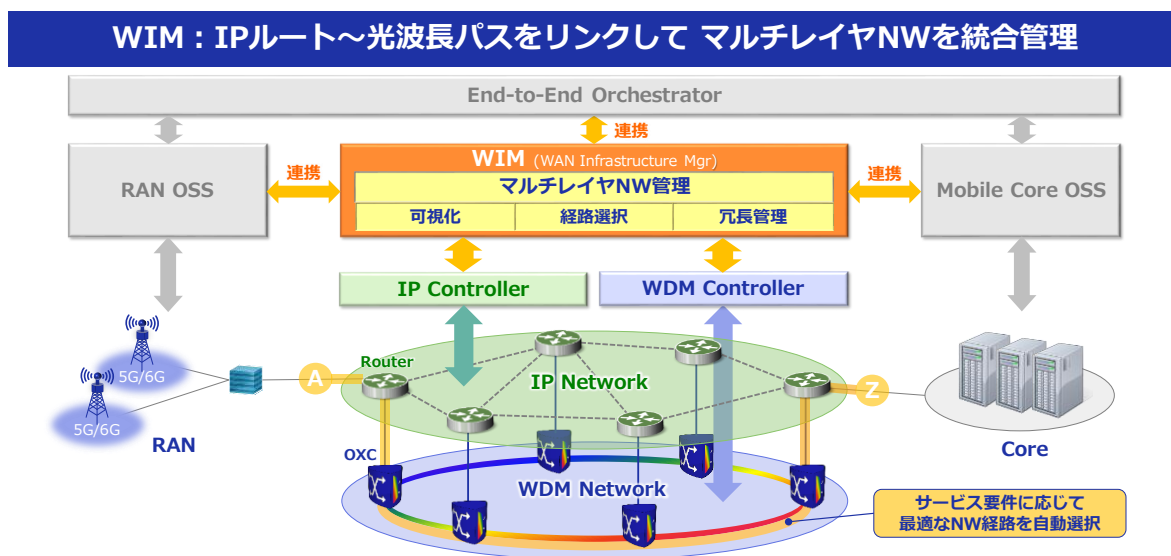
## 光ネットワークのAI分析

ネットワーク運用の重要なポイントに障害対応があります。ネットワークを安定的に維持するためには、障害が発生しサービスが提供できなくなった場合にその原因を速やかに特定し復旧させる必要があります。さらには、障害発生前に劣化等の異常を検知し、プロアクティブに機器の交換、経路の切り替えを行う障害予防も非常に効果的です。NECはAI技術を活用し、光物理層のモニタリングデータを分析、異常を含むネットワーク状態を高精度の識別し、これまで俗人的な経験に基づいていた障害判別・状態診断を自動化・効率化を行います。



## マルチレイヤ管理

ユーザーの要件に応じたカスタマイズしたサービスをエンドツーエンドで短時間に提供していくためには他システムとのシームレスな連携が不可欠です。NEC は、IP ルートから光波長パスをモバイルの OSS やエンドツーエンドのオーケストレーターと連携させ、マルチレイヤのネットワークを統合管理させます。



## オープン光トランスポート

これまで述べてきたような運用高度化、AI 分析、マルチレイヤ管理、コンピューティングやモバイルとの連携などを進め、さらに最新の技術を迅速に取り入れていくには、オープン化した光ネットワークを構築することが必要になります。NEC は、従来の垂直統合モデルで一体となっていた光伝送システムの機能を分離（ディスアグレート）しオープン化されたコンポーネントを組み合わせることでキャリアグレードの光トランスポートネットワークを構築するインテグレーションサービスを提供します。

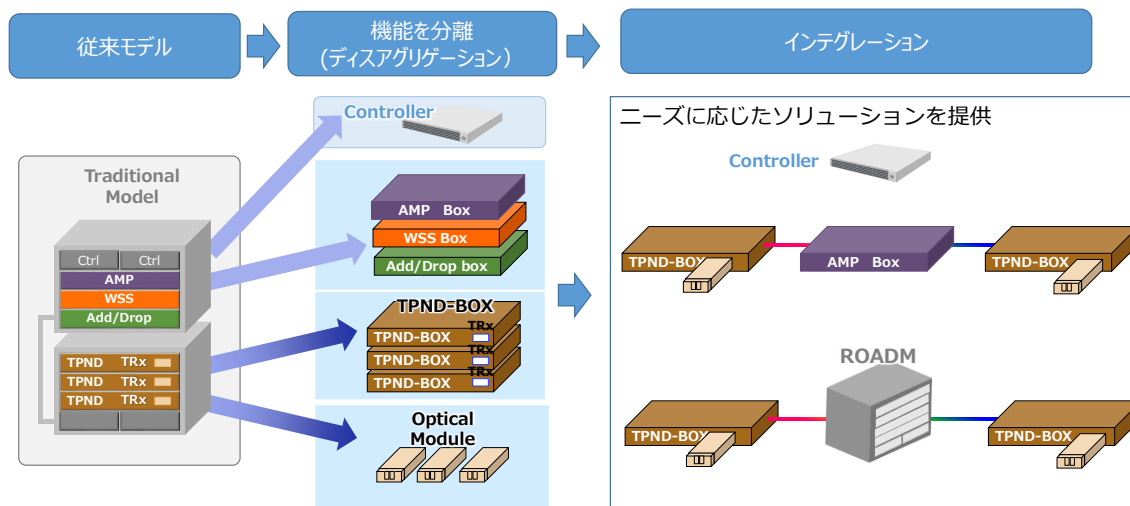


図 6 オープン光トランスポートネットワーク

これまでの単一ベンダによるクローズドなネットワークと比較すると、マルチベンダの環境で、要件にあった製品の選択と組み合わせ、相互接続と品質・性能の担保、製品ごとの脆弱性・バグ管理、保守といったことが課題になります。NEC は長年通信事業者向けの製品開発やネットワーク構築を行ってきた経験を生かして、最適なインテグレーションサービスを提供します。

## 高性能光デバイス

オープン化が進む光ネットワークを支えるキー技術の一つが、電気信号を光信号に変換する光デバイスです。NEC は光通信の黎明期より、光ネットワーク用の光トランシーバを自ら開発して適用してきました。今後オープン化の更なる拡大においては、高速・大容量化とともに接続性の向上や各種ネットワーク構成に応じた通信形態が要求されます。

NEC では、シリコンフォトニクス技術等を使った光素子開発から、その光サブアセンブリ技術開発、ならびに高速電子回路を組み合わせた光トランシーバ技術の開発を垂直統合的に行っています。これにより、オープン化の進展に伴う各種光トランシーバ製品をタイムリーに提供することが可能となっています。

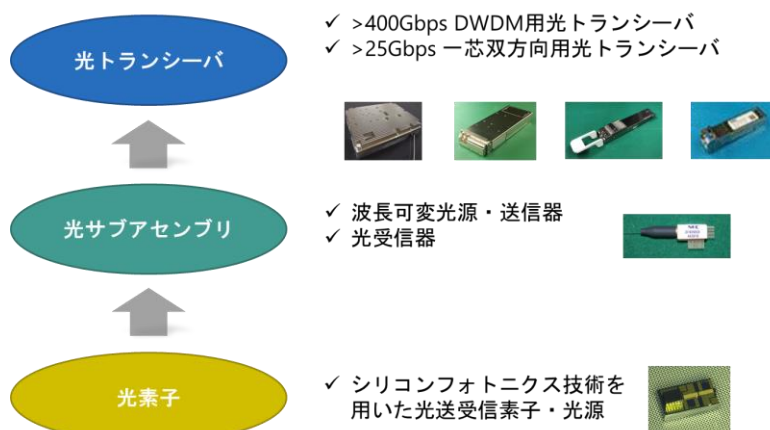


図 7 光デバイス

NEC では近年の WDM 光ネットワークのオープン化対応として、デジタルコヒーレント技術を用いた伝送速度 400Gbps 以上の WDM 光トランシーバの開発に注力しています。この光トランシーバにおいては光素子・光サブアセンブリと共に、デジタルコヒーレント変復調を行う高速の信号処理（DSP）LSI が重要となっています。その開発において、NEC は NTT をはじめとする日本企業数社で協力し、最先端の CMOS 技術を用いた DSP-LSI 開発の国家プロジェクトに参画してきました。この DSP-LSI では他社より優れた光伝送特性と共に、オープン化の必須条件である各種通信標準における他社との接続性の確保を実現しています。NEC ではこの開発活動を継続して、現状の伝送速度 400Gbps から 800Gbps~1Tbps への大容量化へ進展していきます。

## NEC が目指すもの

NEC が目指すのは、オープン化による革新です。世界には様々なアイデアやイノベーション、そして魅力的な製品が多数あります。NEC は、単一ベンダによるクローズドなアーキテクチャから、それらとパートナーとなって、結集しインテグレーションすることで、オープンアーキテクチャによるネットワークの革新を推進します。さらにはそれを使いこなすルール、制度作りを推進し、多くのステークホルダーとの「オープンな共創関係」を深め、SDGs をはじめとした社会課題の解決に取り組んでいきます。

※本冊子に掲載されている商品・サービス等の名称は、各社の商標または登録商標です。