

# 光伝送システムのオープン化とディスアグリゲーション

## History of Standardization of Interface Toward Disaggregated Optical Network

吹田 丈明, 柄澤 亮介, 宮原 大河

**要約** 大規模な光伝送システムを構築する場合、システム全体を効率的に管理・制御するため、NMS (Network Management System) による一元管理を行うことが一般的である。しかし、NMSはベンダー毎に自社装置のみを管理対象にしており、複数ベンダーの製品を適材適所に用いる様なネットワーク構築は困難である。ディスアグリゲーションとは、同一ベンダーの独自仕様で構成していた伝送ネットワークを、オープン化により再構成可能な機能に分割/分離することである。機能単位に分離された装置やモジュールをオープン規格のAPIを用いて一体的に連携動作させることで、回線開通の自動化や遠隔からの構成変更、障害発生時の自動経路変更機能などを実現し、ネットワーク運用の簡素化や、可用性の高い回線サービスを提供できるようになる。

**Abstract** When constructing a large-scale optical transmission system, it is common to manage centrally by Network Management System (NMS) in order to efficiently administer and control the entire system. However, NMS manages only its own equipment for each vendor, and it is difficult to build a network that uses products from multiple vendors in the right place. Disaggregation is the division / separation of a transmission network that was configured by the same vendor's original specifications into functions that can be reconfigured by open technology. By getting devices and modules separated into functional units to link integrally with an open standard API, it is possible to automate line opening, change configurations remotely, and automatically change routes in the event of a failure. It will be possible to simplify network operations and provide highly available line services.

### 1. はじめに

2020年現在、4K動画配信やビデオ会議、オンラインゲームなどのトラフィック需要が拡大しており、また今後5Gの展開によってネットワークインフラの大容量化、広帯域化、低遅延化の要求が高まることは必至である。これらの需要に応えるために、各種事業者は適切なタイミングで、コストを抑えた形で光伝送システムを強化しなければならない。この分野で注目されている技術が、光伝送システムのオープン化とディスアグリゲーションであり、それらを制御する拡張性の高い監視制御システムである。

従来の光伝送システムでは、トランスポンダー、フィルタ、光スイッチ、アンプなど、様々なモジュールによってシステムが構成されており、モジュールの機能やその制御方法はベンダー独自の設計であるため、複数ベンダーのモジュールや装置を適材適所に組み合わせたネットワークを構築することは困難であった。またシステム全体の管理・制御はベンダー独自のソフトウェアを利用していた。

しかし、近年では、従来の光伝送システムを機能単位に分割して最適化する、いわゆるディスアグリゲーション（分割・分離）の概念が浸透しつつある。ディスアグリゲーションにより

複数のベンダー製品を機能毎に柔軟に組み合わせたシステムを構成することができる。

本稿では、光伝送分野における最新トレンドとして、光伝送ネットワークのデイスアグリゲーションとその現状について解説する。2章で光伝送システム構成とコンポーネントの概要を説明し、3章では装置単体の監視制御方法、4章では光伝送システムのネットワーク全体の監視制御方法を解説する。5章では光伝送のデイスアグリゲーションとオープン化の現状および課題について述べる。

## 2. 光伝送システムの基本構成について

本章では、光伝送システムの基本構成とシステムを構成するための装置について説明する。

### 2.1 光伝送システムとは

光伝送システムとは、光を信号の伝達手段とし光ファイバーによって伝送するシステムである。また一本の光ファイバーに異なる波長の光信号を多重し多くの信号を送受信する波長多重分割 (WDM) 方式が主流となっている。これらの方式は、データセンター間通信、メトロ/エッジネットワーク、全国規模のコアネットワークから光海底ケーブル網など様々な環境に適用されている。

WDM方式の通信技術には、OOK (On Off Keying) 方式、偏波多重方式 (DP-QPSK)、16直角位相振幅変調 (16QAM) など複数の変調方式がある。変調方式は伝送速度によって異なり 2.4Gbps ~ 10Gbps では OOK 方式、100Gbps 以上は DP-QPSK 方式や 16QAM 方式が使用されている。長距離の光伝送では波長分散の対応が課題となり、OOK 方式では伝送距離に応じた分散補償ファイバー (DCF) で対応する。DP-QPSK や 16QAM などは歪んだ信号を光デジタルコヒーレント技術<sup>\*1</sup>により補正するため、分散補償ファイバー (DCF) が不要となる。これら WDM 方式に採用される光デジタルコヒーレント技術が 2020 年現在の光伝送システムの中心を担っている。

また、光伝送における大容量化に向け超高次変復調方式 (256QAM など) や超高密度波長多重 (50GHz 間隔 Super-Nyquist) の技術を用いた次世代コヒーレント DSP、マルチコア光ファイバー、光アンプの超広帯域化 (C+L Band 8THz)、集積フォトニクスの小型化/省電力化などの開発が進んでいる。いずれは電気信号-光信号の変換が高速化のボトルネックになることが指摘されており、端末からネットワークまですべてに光ベースの技術を適用するオールフォトニクス・ネットワークの研究開発が 2030 年頃の実用化をめざし進められている。

#### 2.1.1 ポイントツーポイント (P2P) 型トポロジー

2台の WDM 装置が対向した構成をポイントツーポイント型トポロジーと言う (図 1)。基本的な機器構成は、回線を終端するクライアント装置、光信号を送受信するトランスポンダー、複数の光信号を波長多重分割する波長多重分割フィルタ、光ファイバーの伝送損失に合わせて光信号を増幅させる光アンプと装置自体の制御や外部への警報出力を制御する制御系モジュールから構成される。

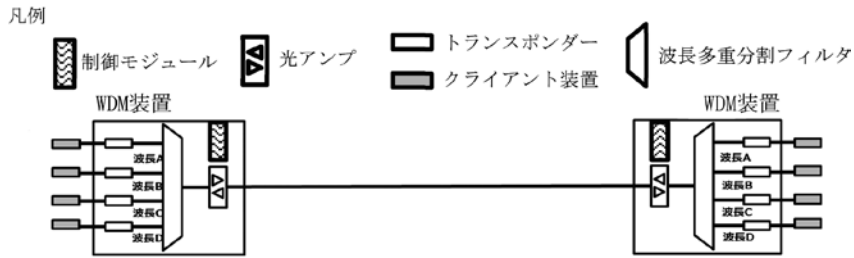


図1 P2P型トポロジー

### 2.1.2 Ring型トポロジー

複数台のWDM装置をRing型に配置する構成をRing型トポロジーと言う(図2)。Ring型トポロジーで使われる装置構成をOADM(Optical Add-Drop Multiplexer)と言う。基本的な機器構成は、ポイントツーポイント型トポロジーで使われる機器と同様だが、波長多重分割フィルタがRing型トポロジーとなるように接続される。

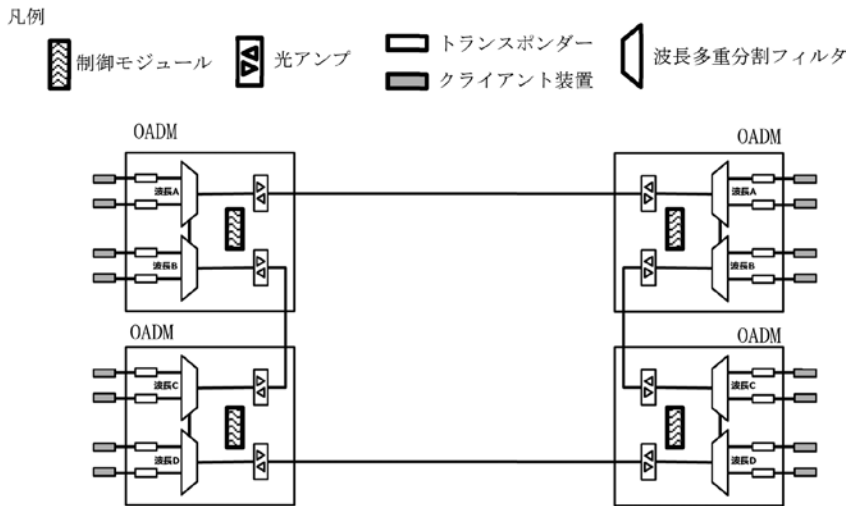


図2 Ring型トポロジー

### 2.1.3 メッシュ型トポロジー

Ring型トポロジーの通信経路が一筆書きであったのに対し、図3のように対角線上の装置にも通信経路を持つ構成をメッシュ型トポロジーと言う。メッシュ型トポロジーで使われる装置構成をROADM(Reconfigurable OADM)Nodeと言う。基本的な機器構成としては、Ring型トポロジーに光スイッチ(Wavelength Selectable Switching: WSS)を追加することで複数の通信経路を確保する。通信経路上で複数の障害が発生した場合にも自動的に最適なルートを算出して復元するレストレーション機能を持つ。

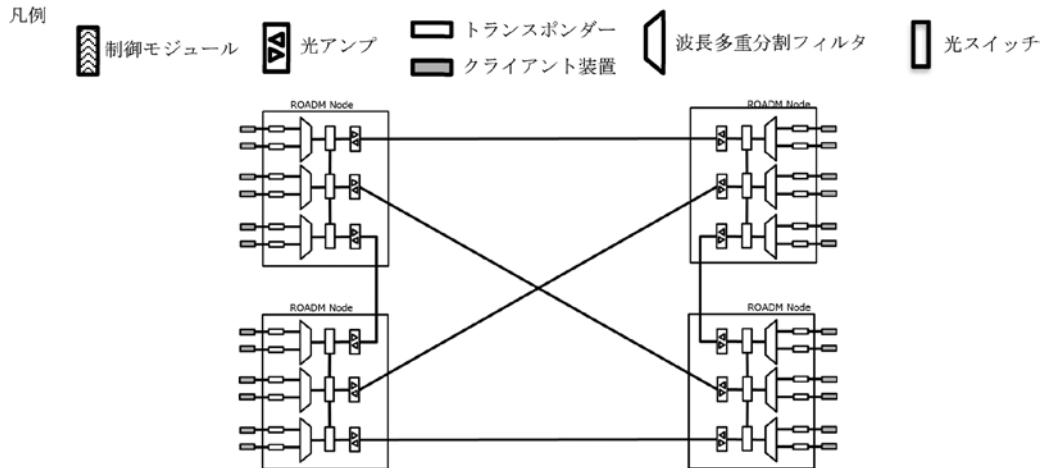


図3 メッシュ型トポロジー

### 3. 光伝送システムの監視制御について

本章では、光伝送装置の監視制御に関する各種方法について説明する。

#### 3.1 装置の監視制御手段について

光伝送システムでは、監視制御システムで装置の監視制御を行う。最も容易かつ安価なのは、汎用パソコンを用い Element Management System（以下、EMS）、ターミナルソフト、Web ブラウザなどで装置の監視制御を行う方法である。

また、SNMP（Simple Network Management Protocol）機能を用いて装置の死活監視を行う方法や、光伝送システムの装置ベンダーが提供する NMS（Network Management System）で包括的にシステムの監視制御と装置・回線の死活監視を行う方法がある。

##### 3.1.1 EMS

EMS を利用し管理対象に対し TL1（Transaction Language 1）プロトコルなどで接続し、ステータス確認や設定変更を行う（図4）。EMS の画面では、装置構成に合わせて操作ができるが、装置に対する設定項目・方法に関する操作スキルが求められる。また、障害を自動的に通知する機能はないため、クリティカルなシステムには適さない。EMS を利用する場合は、装置側で障害通知機能をサポートしていることが前提となる。

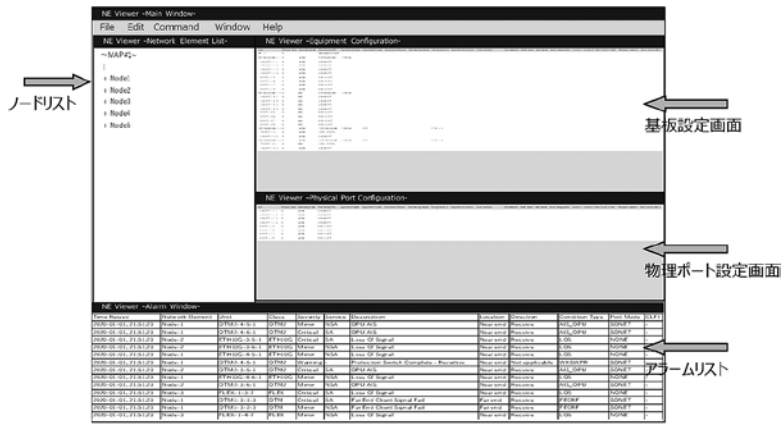


図4 一般的なEMSイメージ

### 3.1.2 コマンドラインインターフェース (Command Line Interface : CLI)

ターミナルソフトを利用し管理対象に対し Telnet/SSH 等のプロトコルで接続，コマンドラインインターフェースを使用し，ステータス確認や設定変更を行う (図5)。運用者は装置コマンド等の知識と，ある程度装置に対するスキルが求められる。また障害を自動的に通知する機能等はないため，クリティカルなシステムには適さない。

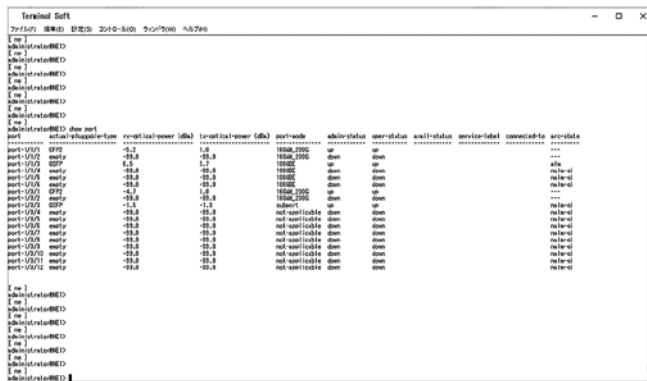


図5 一般的なCLIイメージ

### 3.1.3 WebGUI (Web Graphical User Interface)

ブラウザを利用し管理対象に対し HTTP/HTTPS 等のプロトコルで接続し，ステータス確認や設定変更を行う (図6)。CLIと比較すると視覚的な画面表示となるが，ある程度装置に対するスキルが求められる。また障害を自動的に通知する機能はないため，クリティカルなシステムには適さない。WebGUIを利用する場合は，装置側で障害通知機能をサポートしていることが前提となる。

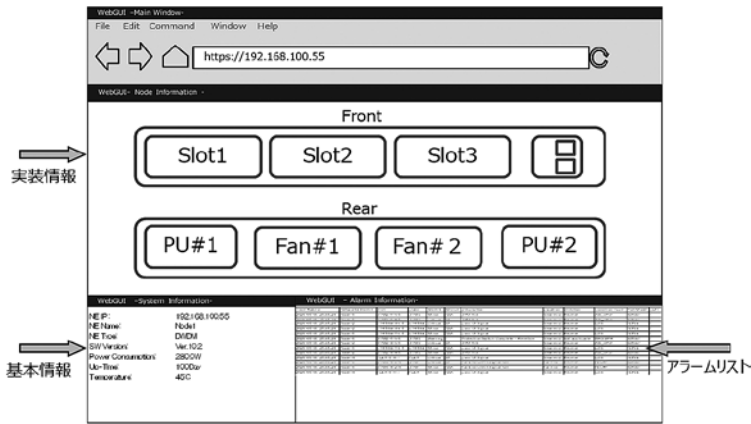


図6 一般的な WebGUI イメージ

### 3.1.4 SNMP (Simple Network Management Protocol) マネージャ

装置を監視制御する側を SNMP マネージャと呼び、監視対象の光伝送装置が SNMP エージェントとなる (図7)。使用するプロトコルは、装置ベンダーによって SNMPv1, SNMPv2c, SNMPv3 と異なる。光伝送装置 (SNMP エージェント) は、装置内にある各種データを MIB (Management Information Base) で管理している。SNMP マネージャと光伝送装置 (SNMP エージェント) 間で設定情報の読み書きができる。光伝送装置 (SNMP エージェント) はトラップ (Trap) 通知機能が備わっており、SNMP マネージャで Trap を受信することで運用者へ能動的に障害を通知することができる。

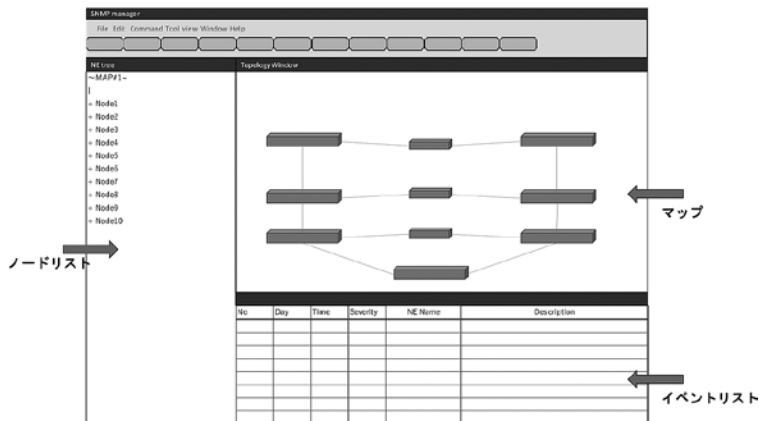


図7 一般的な SNMP マネージャイメージ

## 3.2 包括的な監視制御

EMS, CLI, WebGUI, SNMP マネージャを組み合わせる監視する構成イメージを図8に示す。これらを利用した監視制御方法は、比較的低コストで容易に運用管理の仕組みを構築できる半面、用途は小規模で単純なトポロジーのネットワークに限定される。ある程度システム規模が大きく監視対象装置が多くなる場合や、リング型、メッシュ型のトポロジーを採用する場

合は、NMS によりネットワーク全体を包括的に監視制御する方法を検討したほうがよい。

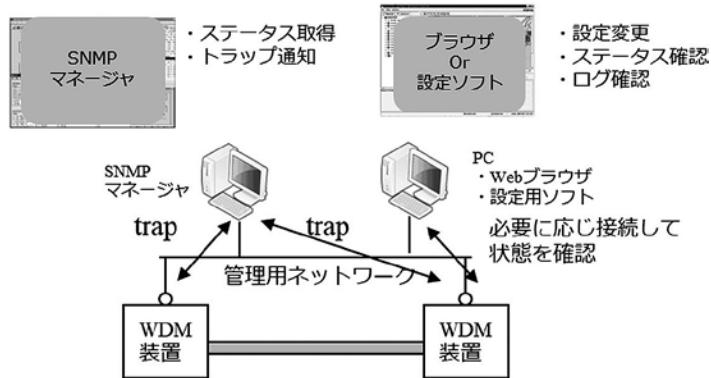


図8 専用 NMS を使わない監視制御構成図イメージ

#### 4. 包括的な監視制御と NMS について

本章では、NMS を用いた運用監視について解説する。

##### 4.1 NMS による運用監視

NMS を用いた運用監視では、管理対象装置の障害監視、性能監視、経路制御を一元的に行うことができる (図9)。

###### ・障害監視

光伝送装置と NMS を常時接続することで、障害監視を行う。NMS は SNMP マネージャの機能も兼ね備えており、ネットワーク上で障害が発生した際に光伝送装置 (SNMP エージェント) から NMS に対して発出される SNMP TRAP を受け取り、異常箇所や異常内容を把握することができる。また、NMS の画面に表示されるトポロジーマップに障害が発生した箇所をマークして表示する機能や、特定の障害が発生した場合に警報音を鳴動させる等、視覚的、聴覚的に障害を通知する機能があり、素早く直感的に障害監視を行うことができる。

###### ・性能監視

障害監視同様、管理対象装置と NMS を常時接続することで、性能監視を行う。エラーフレーム数や光の出力値等、Performance Monitor (以下 PM) 情報を装置から NMS に対して常時送ることで、NMS 上で PM 情報が確認できる。

###### ・回線 (回線サービス) の経路制御

NMS で全経路の情報を管理しており、経路を選択して切り替えることができる。障害時は回線の切り替え警報を表示し、経路管理画面から経路状態の確認や、経路を選択して切り替えることができる。

また、障害が発生した区間の情報を基に、NMS が自動的に代替経路を算出・経路切り替えを行い、回線を自動的に復元 (Restoration) する。

###### ・回線の追加削除

NMS 画面にてネットワークトポロジー上の任意の起点側光伝送装置を選択し、対向側

となる終点側の光伝送装置とを結び視覚的に回線を設定する。回線作成の際にトポロジー構成が Ring 型、もしくはメッシュ型の場合は任意の経路を選択することができる。回線が冗長構成の場合は、回線の作成メニューで複数の経路を作成しメインルートやスタンバイルート の定義づけを行う。3章で説明した監視制御方法とは異なり、NMS では回線の設定変更を効率よく行うことができる。

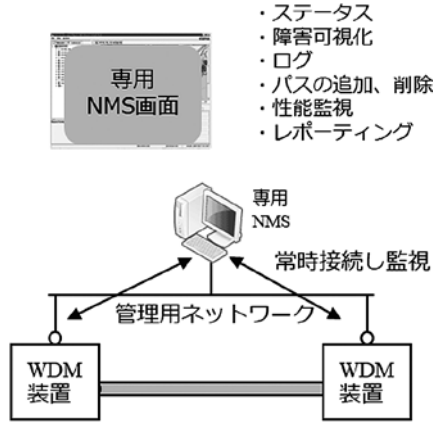


図9 専用 NMS での運用監視イメージ

#### 4.2 NMS

NMSは、一般的に汎用サーバーもしくは仮想サーバー上に構築する。対応するオペレーションシステムは装置ベンダーによって様々である。NMSの画面表示デザインも装置ベンダーによって異なるが、基本的には、システム全体のトポロジーマップおよび、現在発出されているアラームが一覧で表示されるアラームリスト、現在構成されているノードが一覧で表示されるノードリスト、作成済みのサービス一覧が表示されるサービスリストなどで構成される（図10）。また、これらの画面表示デザインの組み合わせは運用スタイルに合わせて運用者が任意に変更できるのが一般的である。

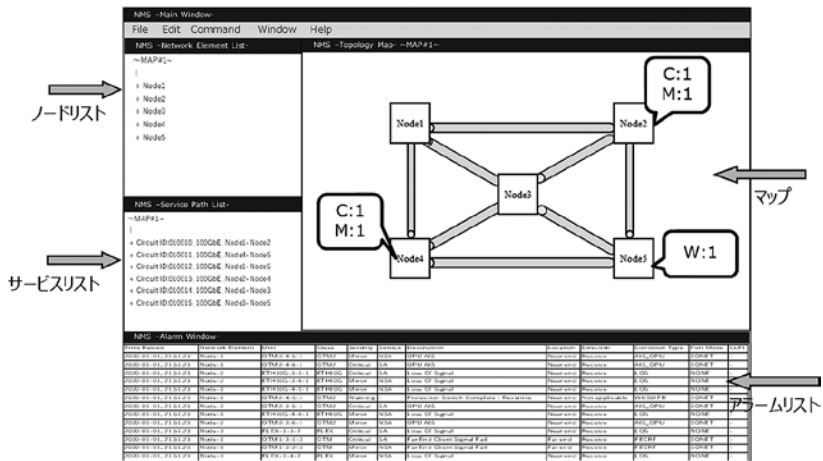


図10 一般的な専用 NMS 画面イメージ



### 4.3 NMSの課題

大規模な光伝送システムを構築する場合、システム全体を効率的に管理・制御するため、NMSによる一元管理を行うことが一般的である。しかし、NMSはベンダー毎に自社装置のみを管理対象にしており、異なるベンダーの装置を制御できたとしても機能が制限されることもある。そのため複数ベンダーの製品を適材適所に用いる様なネットワーク構築は困難である。

複数ベンダー製品を機能毎に柔軟に組み合わせたシステムを構成するためには、運用者はディスアグリゲーションの概念を理解して、システム全体の監視制御方法を見直すことが肝要である。

## 5. 光伝送システムのオープン化およびディスアグリゲーションについて

本章では光伝送システムのオープン化とディスアグリゲーションの動向について解説する。

### 5.1 光伝送システムのディスアグリゲーションとは

ディスアグリゲーションとは、同一ベンダーの独自仕様で構成していた伝送ネットワークを、オープン化により再構成可能な機能に分割/分離することである。その結果、主要コンポーネントについて複数ベンダーのコンポーネントを組み合わせた光伝送システムを構築できるようになる(図11)。

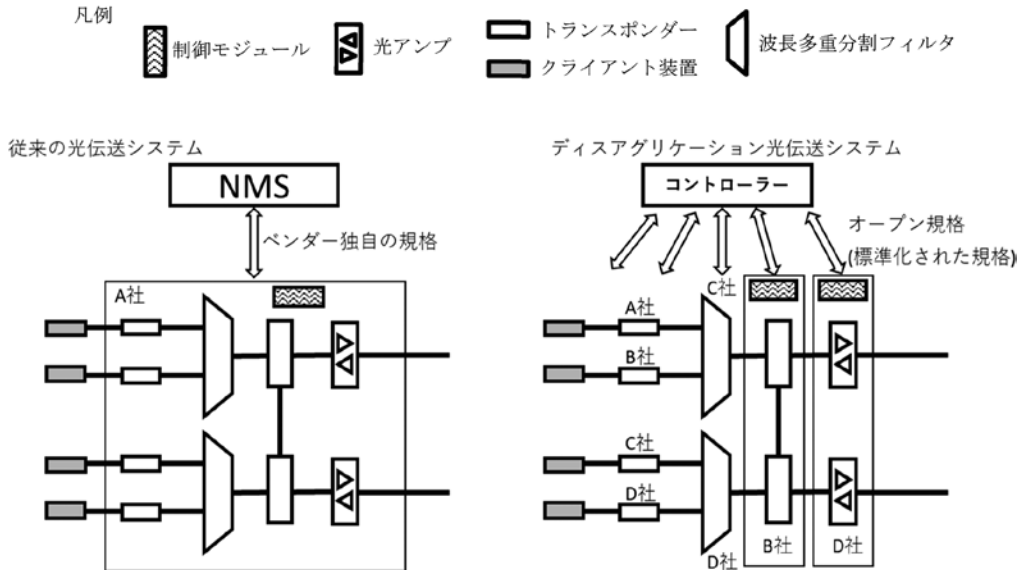


図11 従来の光伝送システム構成(左)とディスアグリゲーション構成(右)の比較

このシステムでは、標準化された異なるベンダーのコンポーネントを一体的に制御する役割をコントローラーが担う。コントローラーは、運用者自身が開発したものを用いるケースと、ベンダーが提供するコントローラー製品をカスタマイズして用いるケースがある。コントローラー上に必要な機能を実装することで、回線開通の自動化や遠隔からの構成変更、障害発生時の自動経路変更機能などを実現し、ネットワーク運用の簡素化や、可用性の高い回線サービスを提供できるようになる。

## 5.2 ディスアグリゲーションする理由

光伝送システムをディスアグリゲーションする理由は、システムのオープン化に対応するためであり、単一ベンダーで構成した際の以下のデメリットを解消するためである。

- ・様々なベンダーの長所を適材適所に組み合わせることができない  
一長一短あるベンダーの提案からいずれか一社の選択を迫られる。
- ・最新技術に追従できない  
他ベンダーがリリースした最新技術のコンポーネントを採用するにはシステム全体の更改を伴うため、採用を見送らざるを得ない。
- ・調達コストの問題  
より安価な同等製品が別メーカーからリリースされても、調達コストにより取り込むことが難しい。

## 5.3 複数ベンダーを組み合わせた光伝送システムの構成例

ディスアグリゲーションされた光伝送システムの構成事例を紹介する。

### 5.3.1 全てのコンポーネントを分離・分割した構成例

光伝送システムを構成する各コンポーネントを分離・分割し、様々なベンダーから調達したコンポーネントを組み合わせシステム構築した構成を図12に示す。これにより、必要なコンポーネントを必要なメーカーから調達し、適材適所に配置することができる。その結果、調達コストを抑制して、調達メーカーの分散によるリスク分散も図ることができる。

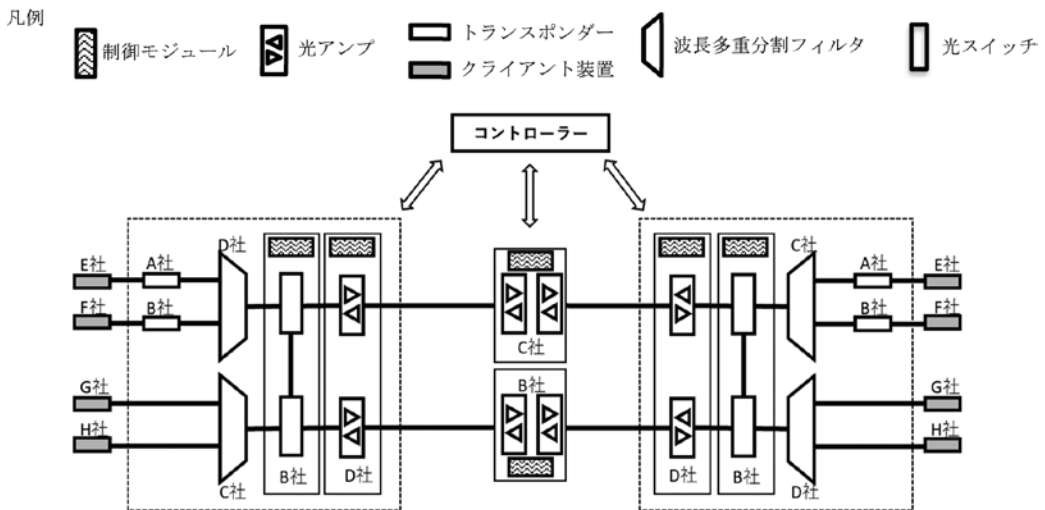


図12 全てのコンポーネントを分離・分割した構成

### 5.3.2 トランスポンダーのみ分離した構成例

光伝送部はNMSも含め一ベンダーで構成し、トランスポンダー部分のみ分離して最新機能に対応した製品を他ベンダーから調達し組み合わせる方法である(図13)。トランスポンダーの技術進歩のスピードは他のコンポーネントよりも速いため、最新の製品に入れ替えることで合理的に帯域を増強できる。また、クライアント装置であるL2/L3スイッチに、DWDM波長を出力できるモジュールを直接搭載しトランスポンダーを省く構成もある(図13のE社、F社)。

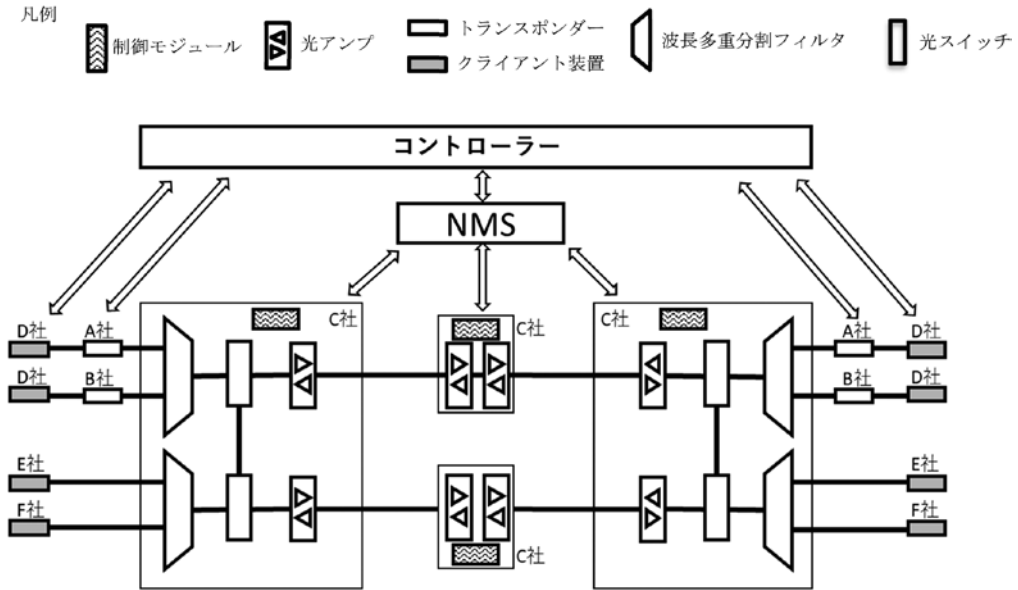


図13 トランスポンダーのみ分離した構成

### 5.4 ディスアグリゲーションの現状と課題

光伝送システムのディスアグリゲーションに関して、オープン化を推進する団体が複数発足しており、それらに参画する複数のベンダーや利用者がそれぞれの団体において仕様化・オープン化の取り組みを進めている<sup>[1][2][3]</sup>。例えば、ONF (Open Networking Foundation) という団体では、TAPI (Transport API) プロジェクトにおいて、光伝送装置間の監視制御インタフェースを標準化し、普及と商用化を推進している。こういった活動が各団体で進められた結果、NETCONF (Network Configuration Protocol) や RESTCONF (Representational State Transfer Configuration Protocol) 等の技術を用いたAPIを実装した製品が様々なベンダーからリリースされている。ただし、製品ベンダー毎に装置内部のデータモデルは独自であり、API経由で送る操作コマンドやレスポンスはそれぞれ異なっている。そのため、コントローラー側で共通のデータモデルに変換し、各コンポーネントを連携して稼働させているのが現状である。

さらに従来のNMSでは標準提供されていた監視制御や回線の冗長性制御、レストレーションなどの機能は独自に開発することになる。システム障害時の切り分けに、障害コンポーネントの特定を行う機能も独自に実装しなければならない。このため運用者にプログラミング等の

スキルが強く求められる。

## 6. おわりに

ディスアグリゲーションへの取り組みを加速させるには、異なるベンダー製品に対応できる汎用のコントローラーの登場が求められ、そのためには、データモデルの標準化の実現を待つ必要がある。それまでの間はコントローラーを自社で開発することになり、スキル要件として、光伝送とプログラミングの両方のスキルを複合したエンジニアが必要なことから、その確保が難しいというのが現状である。そのため、複数ベンダー製品の組み合わせによるネットワークシステムは、小規模なネットワークでは運用負荷とコストのバランスを見て採用されるケースが見られる。コアネットワークや地域系メトロネットワークなど、ある程度の規模や高度な機能が求められるネットワークにおいては、運用性と信頼性と保守性に加えて過去の実績を考慮し、単一ベンダーによる光伝送システムが採用され続けているのが現状である。一方で、長らくオープン化に取り組んでいる通信事業者やサービス事業者は着実に知識・経験・実績を積んでおり、ディスアグリゲーションへの取り組みは広がりつつある。

光伝送システムのディスアグリゲーション実現に向けて、こうした取り組みや効果を積極的に情報提供しながら、顧客ネットワークの課題解決に貢献していきたい。

光伝送システムのオープン化とディスアグリゲーションと題して、最後に、本稿執筆にあたりご協力ご指導いただいた皆様に深く御礼申し上げます。

---

\* 1 コヒーレント光（振幅と位相の両方を制御した光信号）を用いた通信技術。多値変調や偏波多重、分散補償をデジタルに（プロセッサ上で電氣的に）行うことができる。

**参考文献** [1] ONF ODTN <https://www.opennetworking.org/odtn/>  
 [2] Open ROADM <http://openroadm.org/home.html>  
 [3] Telecom Infra Project <https://telecominfraproject.com>

※ 上記参考文献に含まれる URL のリンク先は、2020年10月5日時点での存在を確認。

### 執筆者紹介 吹田 丈明 (Tomoaki Fukita)

2004年に株式会社ネットマークス入社。DWDM装置の設計・導入・保守を担当。2008年ユニアデックス株式会社へ出向。ワールドサービス部にてネットワーク機器、TV会議システム関連の導入保守担当に従事。2010年より専門部隊にてキャリア向け光伝送システムの提案・設計・構築・保守を担当。2014年ユニアデックス株式会社に転籍。



柄澤 亮介 (Karasawa Ryosuke)

2016年ユニアデックス株式会社入社。キャリアIP網のエンジニアとして、検証、保守担当に従事。2018年よりDWDM装置の主管部へと異動し、アカウントエンジニアとしてキャリア向け伝送システムの設計から保守までを担当。



宮原 大河 (Miyahara Taiga)

2017年ユニアデックス株式会社入社。L2/L3装置のエンジニアとして、導入・保守業務に従事。2018年よりDWDM装置の主管部へと異動し、アカウントエンジニアとしてキャリア向け伝送システムの設計から保守までを担当。

