

2017年4月25日  
日本電信電話株式会社  
株式会社日立製作所  
沖電気工業株式会社  
慶應義塾大学  
株式会社 KDDI 総合研究所  
古河電気工業株式会社

## 将来光アクセス基礎技術「エラスティック光アグリゲーションネットワーク」の実証実験に成功

～2030年以降のサービス多様化を見据えた、通信速度・光周波数帯域が伸縮自在なネットワーク～

日本電信電話株式会社(東京都千代田区、代表取締役社長: 鶴浦博夫、以下 NTT)、株式会社日立製作所(本社: 東京都千代田区、執行役社長兼 CEO: 東原 敏昭、以下 日立)、沖電気工業株式会社(本社: 東京都港区、代表取締役社長: 鎌上 信也、以下 OKI)、慶應義塾大学(東京都港区、塾長: 清家 篤、以下 慶應)、株式会社 KDDI 総合研究所(本社: 埼玉県ふじみ野市、代表取締役所長: 中島 康之、以下 KDDI 総合研究所)、古河電気工業株式会社(本社: 東京都千代田区、代表取締役社長: 小林 敬一、以下 古河電工)の6機関は、2030年以降を見据えた先進的な研究として、「エラスティック光アグリゲーションネットワーク(E $\lambda$ AN<sup>\*1</sup>: エラン)技術」の研究課題に取り組みました。

E $\lambda$ ANとは、光周波数の利用効率を向上する適応変復調<sup>\*2</sup>OFDM<sup>\*3</sup>伝送方式を用いながら、アクセス(加入者一局舎間)・メトロ(局舎間)ネットワークを波長選択スイッチ<sup>\*4</sup>を介して光信号のまま伝送するネットワークであり、インターネット・ビジネス向け回線・モバイルなど複数のサービスで利用される異なる性質のトラフィックに対し、伸縮自在(エラスティック)な通信速度・光周波数帯域の割り当てを行うことができます。

また、このような革新的なネットワークに必要となる信頼性を光伝送路の制御方式やスイッチ技術の検討を通して追求し、検証機を用いて実験を行いました。局舎装置が故障しサービスが断絶しても、故障した装置から10km離れた別の局舎装置が自動的に10秒以内にサービス断絶前と同じ通信速度で再接続する実験に世界で初めて成功しました。

本技術は、2030年以降に訪れるサービスの多様化に適応できるアクセス・メトロネットワークの基礎技術として期待されています。なお、本成果については、光通信に関する国際学会 iPOP2017(The 13th International Conference on IP + Optical Network、神奈川県川崎市で6月1日～2日開催)の展示会にて出展発表します。

今回の研究開発は、国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究課題「エラスティック光アグリゲーションネットワークの研究開発」を受託し、実施したものです。

### 【背景】

FTTH(Fiber to the Home)サービスの普及に伴い、光アクセスネットワークへの期待として、従来のFTTHサービスに加えてビジネス向け回線およびモバイル向けサービス、高精細映像伝送サービスや将来的にはIoT(Internet of Things)への対応など、様々なサービスの提供が求められることが想定されています。

このようなマルチサービス収容を実現するためには、これまでのようにサービス毎に独立したネットワークを構築するのではなく、一つのネットワークで様々なサービスを効率良く提供することが求められます。また、サービス毎に異なるネットワークへの要求条件に柔軟に対応することや、災害発生時などに残されたネットワークリソース<sup>\*5</sup>を柔軟に組み替えてサービスを継続することも必要となります。さらに、提供サービス数増加に伴う光周波数の将来的な資源リスクに対応するために、単位光周波数当たりの通信速度(光周波数利用効率)を向上することも求められます。

このような背景から、2030年以降を見据えた先進的な研究として、NTTのアクセスサービスシステム研究所、日立、OKI、慶應、KDDI 総合研究所、古河電工の6機関は、アクセス・メトロネットワークにおける設備・運用の効率化、光周波数利用効率の向上、柔軟なマルチサービス収容および高信頼性の実現をめざし、E $\lambda$ AN技術の研究課題に

取り組むに至りました。

## 【エラスティック光アグリゲーションネットワーク(EλAN)】

EλAN は、加入者に近いアクセス局舎に配置している局内装置(OLT)を、メトロネットワークの回線を集線(アグリゲーション)するコアネットワークに近いメトロ局舎に配置し、加入者からメトロ局舎を光信号のまま伝送するネットワークです。光ファイバ伝送路網には波長選択スイッチを配置し、光信号の経路を冗長化し自律的に変更可能とすることで信頼性を確保します。また、光-電気-光変換処理が不要となり、ネットワーク全体の低伝送遅延化や低消費電力化の効果も期待されます。(図 1)。

また EλAN では、極めて優れた光周波数利用効率を実現できるデジタルコヒーレント\*<sup>6</sup>OFDM 伝送方式を用いるとともに、適応変復調技術を活用することにより、大規模なマルチサービス収容および伸縮自在(エラスティック)な通信速度・光周波数帯域の割当を行います。さらに、世界で初めて、デジタルコヒーレント適応変復調 OFDM 伝送方式に、OLT 内動的帯域割当アルゴリズム技術を適用することにより、メトロ局舎からの宅内装置(ONU)までの距離(収容距離)に依存せず、どのユーザにも公平な通信速度を割り当てるよう制御します。

## 【EλAN 技術の研究開発の内容と成果】

今回、NTT、日立、OKI、慶應、KDDI 総合研究所、古河電工の 6 機関が取り組んだ EλAN 技術は、下記 6 項目の要素技術から構成されます。

### (1) OLT 内動的帯域割当アルゴリズム技術の開発【NTT】(図 2)

収容距離の異なる複数 ONU を収容する EλAN では、メトロ局舎に近い ONU により高い通信速度を適応することにより、ネットワーク全体の利用効率を向上できます。この利用効率向上効果を、トラフィック要求を考慮しながらサブキャリア数を動的に割り当てることで、全ての ONU に公平に分配するアルゴリズムを提案しました。また、単一の OLT と接続された 512 台の ONU に対して提案アルゴリズムの実機動作を実現しました。

### (2) 適応変復調 OFDM 伝送方式の制御技術の開発【日立】(図 3)

適応変復調 OFDM 伝送方式に対応した ONU を自動的に発見し、多様な光信号パラメータを ONU に自動設定する通信制御プロトコルを開発しました。災害などにより光伝送路が断線した場合、従来は通信復旧が困難だったのに対し、本技術では、新たに構築された光伝送路に適した光信号パラメータが設定され、自律的に通信が復旧します。本技術を論理回路に実装した OLT 及び ONU を試作し、実機での通信復旧動作を実現しました。

### (3) 適応変復調 OFDM 伝送方式対応の光送受信器技術の開発【OKI】(図 4)

信号処理回路を高速に切り替えることで光信号パラメータを動的に変更可能としたデジタルコヒーレント OFDM 光送受信器、および伝送路の状況に応じて最適な光信号パラメータを選択する適応変復調アルゴリズムを開発しました。これらの技術を組み合わせることで、従来より少ない光周波数資源で大容量の通信を行うことのできる高効率なネットワークを構築することが可能となります。

### (4) 複数の OLT 間動的帯域割当アルゴリズム技術の開発【慶應:理工学部 山中直明教授】(図 5)

各 OLT において設定されるサービス毎の機能を論理 OLT と定義し、障害回復や省電力化などのポリシーに基づいて、複数の OLT 間における論理 OLT の配置(マイグレーション先)および帯域割り当てを 1 ミリ秒程度で算出するアルゴリズムを開発しました。OLT の監視・制御を行うリソースコントローラに本アルゴリズムを実装し、光スイッチコントローラと連携して加入者再収容を行う技術を確立しました。

### (5) 波長選択スイッチで構成された光伝送路の制御技術の開発【KDDI 総合研究所】(図 6)

様々なサービス形態に対応するために要求される通信速度・伝送品質・遅延量に合わせて最適経路・使用周波数帯を計算し、その結果に基づき波長選択スイッチの設定を行うプロビジョニング装置(以下、光スイッチコントローラ)の研究開発を実施しました。光スイッチコントローラは、メトロ局舎や装置、光伝送路の障害時において、復旧先の探索や波長選択スイッチの設定変更を行うことにより光伝送路の障害復旧を可能とします。

### (6) 多ポート波長選択スイッチ技術の開発【古河電工】(図 7)

柔軟な光ネットワークの構築に貢献するため、出力ポート数 30 以上の多ポートかつ帯域可変な波長選択スイッチの試作機を開発しました。また、更なる多ポート化の開発を推進するため、石英系平面光導波路技術を用いた多ポート化に最適な入出力アレイを開発し、それを用いた出力ポート数 93 の波長選択スイッチの検証実験を実施しました。その低損失かつ多ポートな性能は世界トップレベルの成果です。

6 機関はこれらの新規開発した革新的技術を結集し、EλAN の有用性・信頼性について機能検証機で実験を行いました(図 8)。具体的には、最大伝送距離 40 km、1 波長当たりの最大通信速度 10 Gbit/s、最大収容端末数 512 を模擬した実験系において、伸縮自在な通信速度・光周波数帯域割当機能を確認するとともに、あるメトロ局舎が被災したことを想定したユースケースの検証を行いました。その結果、10km 離れた場所に残された別のメトロ局舎が、被災したメトロ局舎に接続されていたサービスを、10 秒以内に自律的にサービス断絶前と同じ通信速度で再接続する実験に世界で初めて成功しました(図 9、図 10)。

## 【今後の展開】

今後は、開発した EλAN のさらなる技術成熟度および信頼性向上をめざすと共に、成果のプロモーション活動を実施していきます。

## <用語解説>

- \*1 EλAN  
Elastic lambda Aggregation Network の略。
- \*2 適応変復調  
光伝送路の品質に応じて、最適な光信号パラメータ(変復調方式、変調速度、サブキャリア(副搬送波)数および搬送波光周波数など)を選択し適応する変復調技術です。
- \*3 OFDM  
Orthogonal Frequency Division Multiplexing(直交波周波数分割多重)の略。複数の搬送波(サブキャリア)を周波数軸上にある条件を満たして多重することで、サブキャリアの帯域が重なり合う状態で伝送しても、受信側で混ざらずに分離できるため、周波数利用効率が極めて高くなります。
- \*4 波長選択スイッチ  
光ファイバへ入力された各信号波長を任意の光ファイバへ出力するための装置です。光信号を電気信号に変換することなく、光のまま処理することができます。
- \*5 ネットワークリソース  
ネットワークを構成する装置、光伝送路網、光周波数資源などを指します。
- \*6 デジタルコヒーレント  
光伝送装置に高速デジタル信号処理を積極的に活用し、光伝送性能を格段に向上する技術です。

<本件に関するお問い合わせ先>

日本電信電話株式会社  
情報ネットワーク総合研究所  
企画部 広報担当  
TEL:0422-59-3663  
Email: inlg-pr@lab.ntt.co.jp

株式会社日立製作所  
ブランド・コミュニケーション本部  
広報・IR 部 [担当:片桐]  
電話:03-5208-9324 (直通)

沖電気工業株式会社  
広報部  
TEL: 03-3501-3835  
E-mail: press@oki.com

慶應義塾大学

広報室

TEL: 03-5427-1541

E-mail: m-koho@adst.keio.ac.jp

株式会社 KDDI 総合研究所

営業・広報部

E-mail: inquiry@kddi-research.jp

古河電気工業株式会社

IR・広報部 加藤

TEL: 03-3286-3049(直通)

E-mail: fec.pub@furukawaelectric.com

将来光アクセス基礎技術「エラスティック光アグリゲーションネットワーク」の実証実験に成功

【別紙：図表】

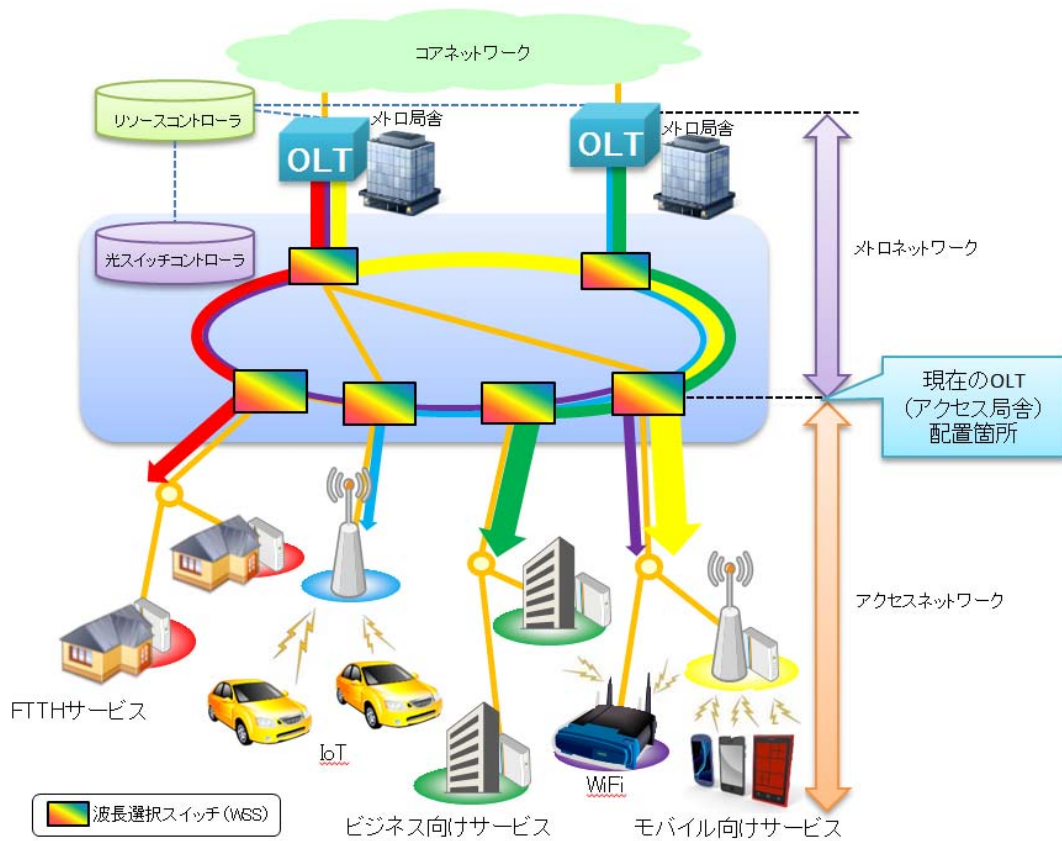


図1 E-AN の概念図

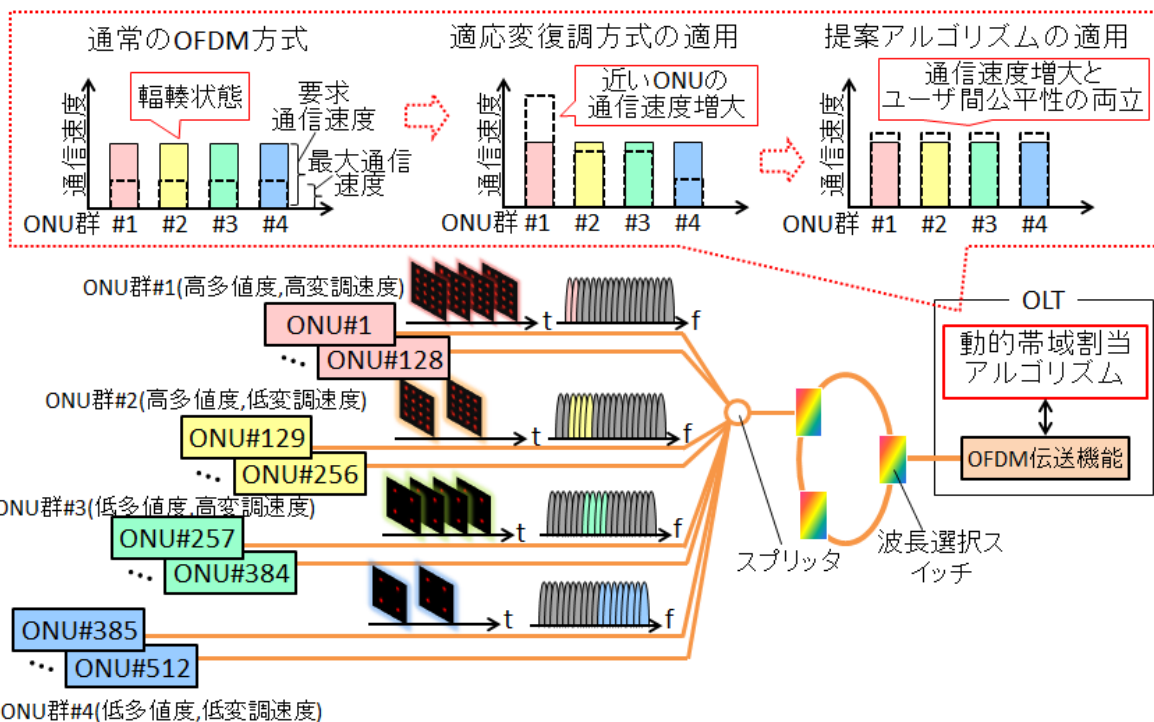


図2 OLT 内動的帯域割当アルゴリズム技術 (NTT)

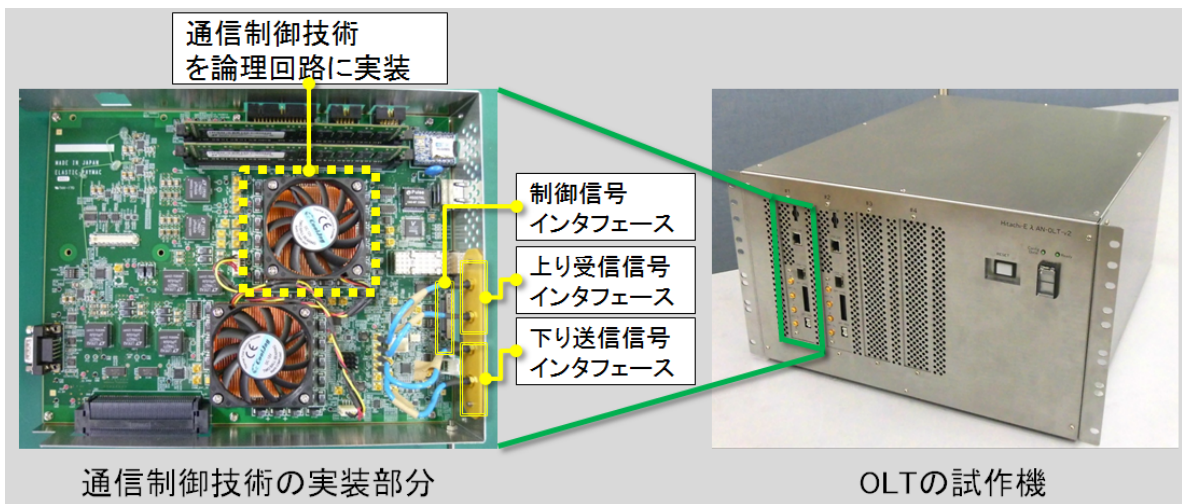


図3 開発した通信制御技術を搭載した局舎装置(OLT)の写真(日立)

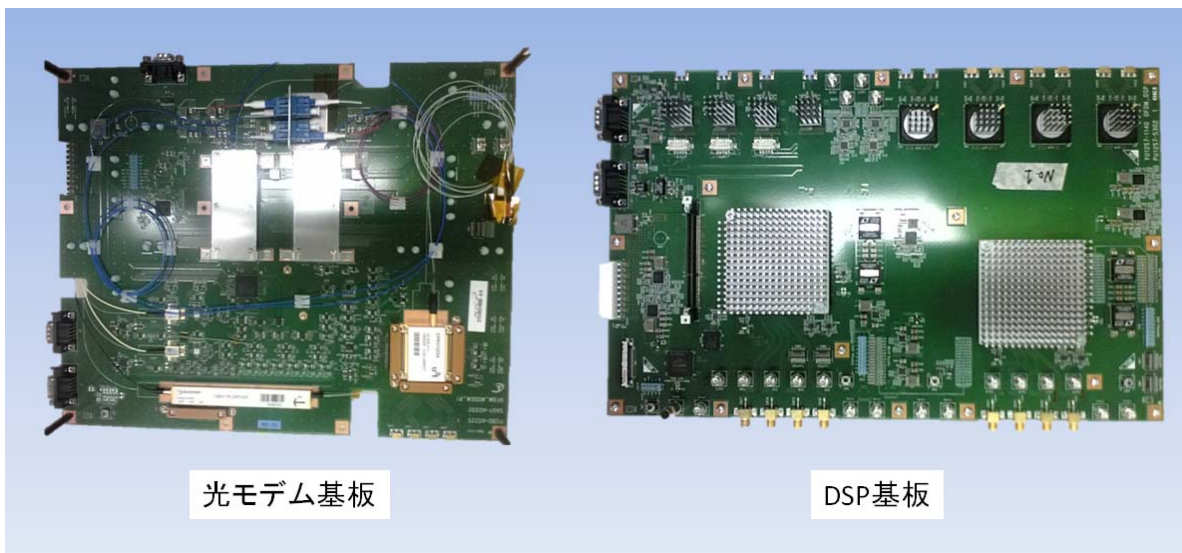
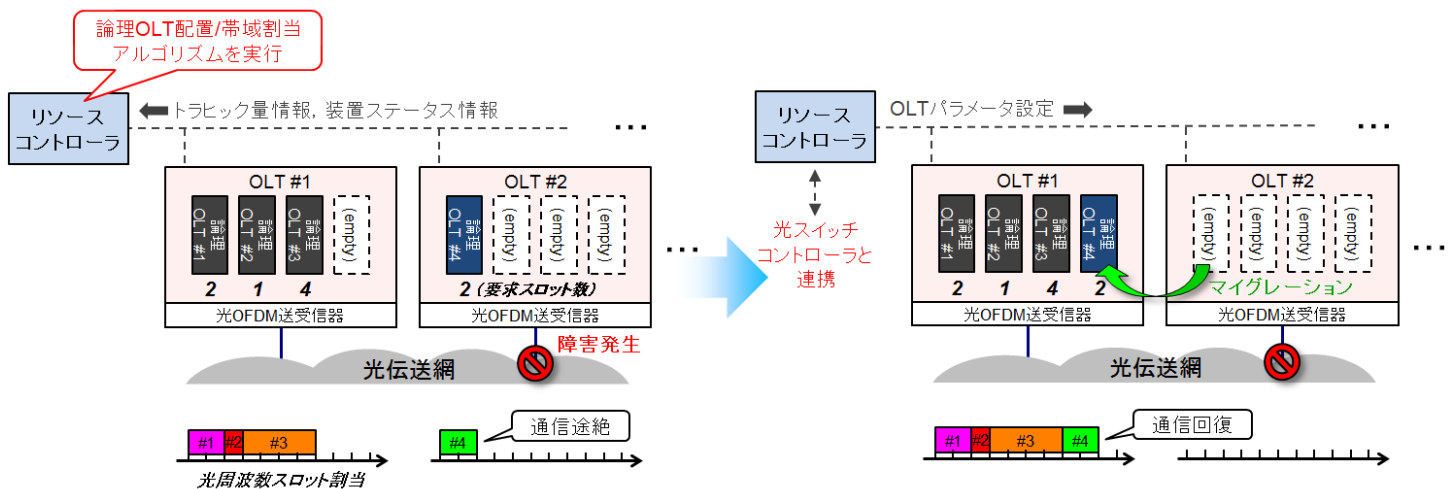


図4 開発した適応変復調 OFDM 伝送方式対応光送受信器の写真(OKI)



(a) 情報収集して最適配置計算

(b) 最適配置計算結果の反映

図5 複数の OLT 間動的帯域割当アルゴリズム技術(慶應)



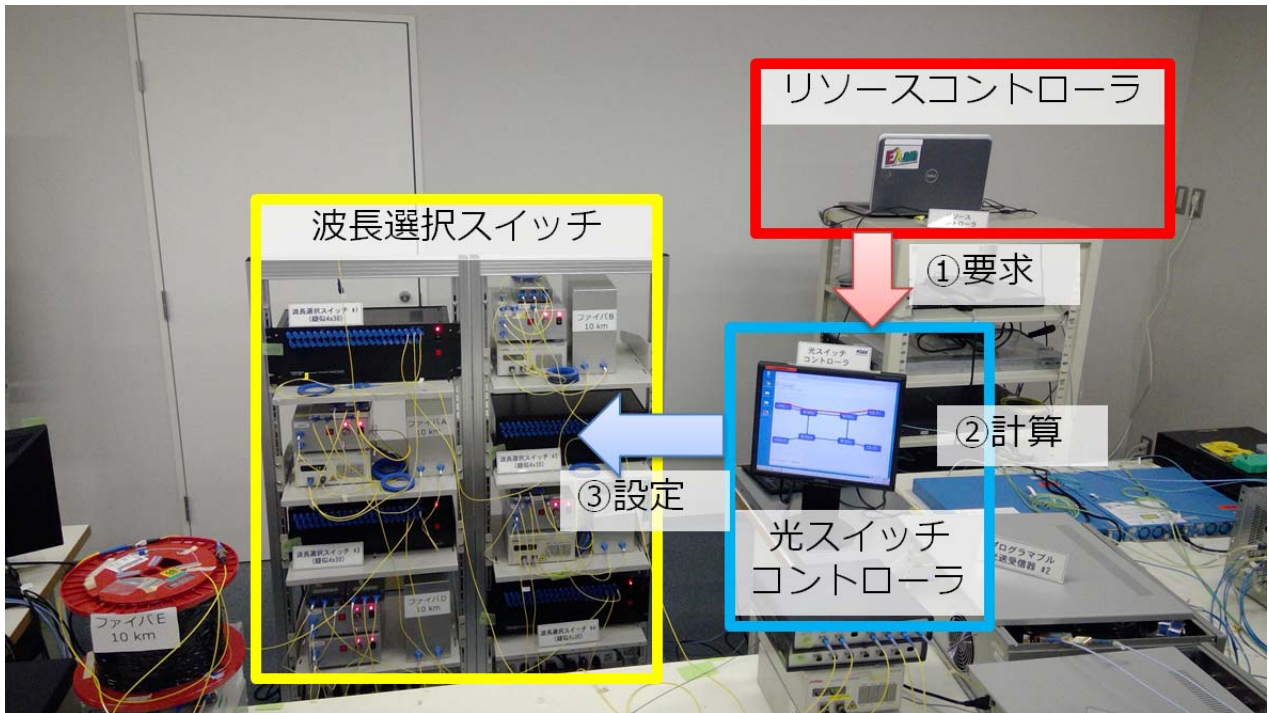


図6 波長選択スイッチで構成された光伝送路の制御技術(KDDI 総合研究所)



図7 多ポート波長選択スイッチの試作機の写真(古河電工)

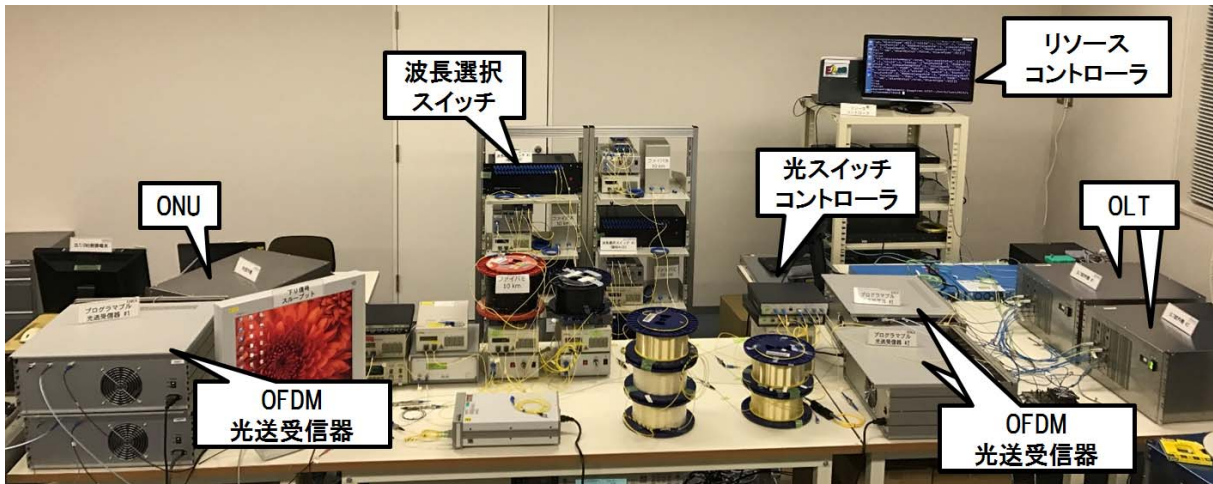


図8 E λAN の実機検証実験の様子

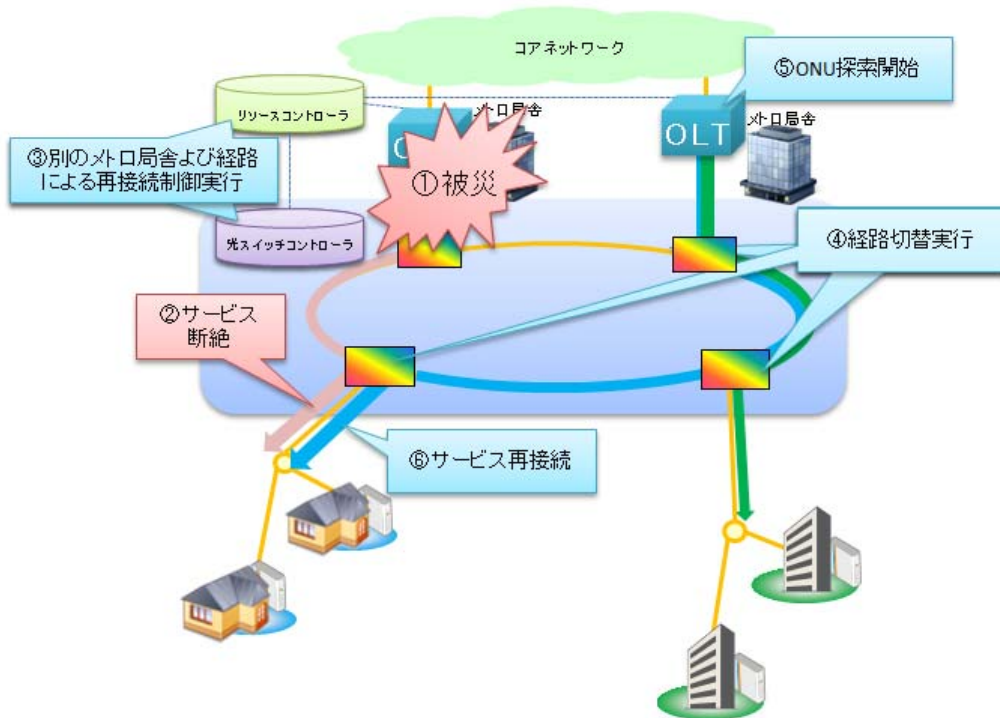


図9 E λAN のユースケース(災害発生時のサービス再接続)

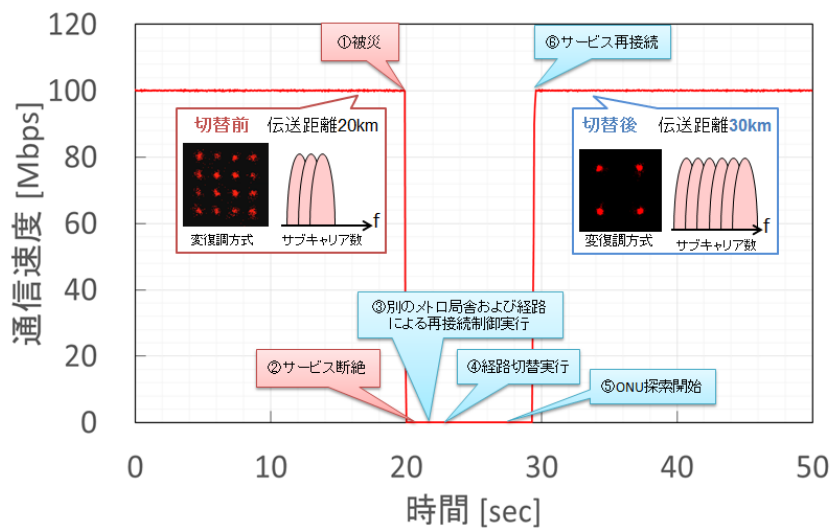


図10 サービス再接続のリアルタイム検証結果