

# 科学者の芽育成プログラム 受講レポート

受講生 ID : A21-001286 氏名 : 関口晃輔 提出日 : 2021 年 7 月 31 日(土)

講座名 : 情報講義「予測不可能なカオスの世界とレーザーの融合」

タイトル : 光海底ケーブル (レーザー)

光通信で使用される光海底ケーブルについて、どの国をつなぐケーブルがあるのか、どんな技術が使われているのかを調べる

## 【光海底ケーブルとは】

光海底ケーブルとは、光ファイバーケーブルを使って情報通信を行うもので、国内や国際通信を行う際に使われるものです。1988 年に大西洋で実用化され、1990 年代からのインターネットの普及により急増しました。

国際通信を行うには、有線での通信（光ファイバー、同軸ケーブル）または無線（衛星通信）にて実現していました。これらの比較を表 1 国際通信を行う手段の比較にします。

表 1 国際通信を行う手段の比較

		信号	実用化年	特徴
有線	光ファイバー	光信号	1980 年代	1. 電気より光は弱くなりにくいので、途中で強度を増やす（増幅）する回数が少なくて済む。
	同軸ケーブル	電気信号	1850 年代	1. 同軸ケーブルが太いため敷設が大変。 2. 電気が途中で弱くなるため、増幅する回数を増やす必要がある。
無線	衛星通信	電波	1960 年代	1. 通信衛星を中継するため打ち上げなどに多くの費用がかかる。 2. 宇宙まで往復するため、時間がかかる。 3. 無線の方が有線より送信できる情報が少ない。

日本では、島国なので離島を結ぶ国内用の光海底ケーブルと、海外とを結ぶ国際用光海底ケーブルの 2 種類があります。

## 【光海底ケーブルがつないでいる国々】

インターネットで検索したところ、「Submarine Cable Map」というサイトで国際間の光海底ケー

ブルの敷設場所が表示されているサイトを見つけました。画面イメージを図 1 Submarine Cable Map に示します。

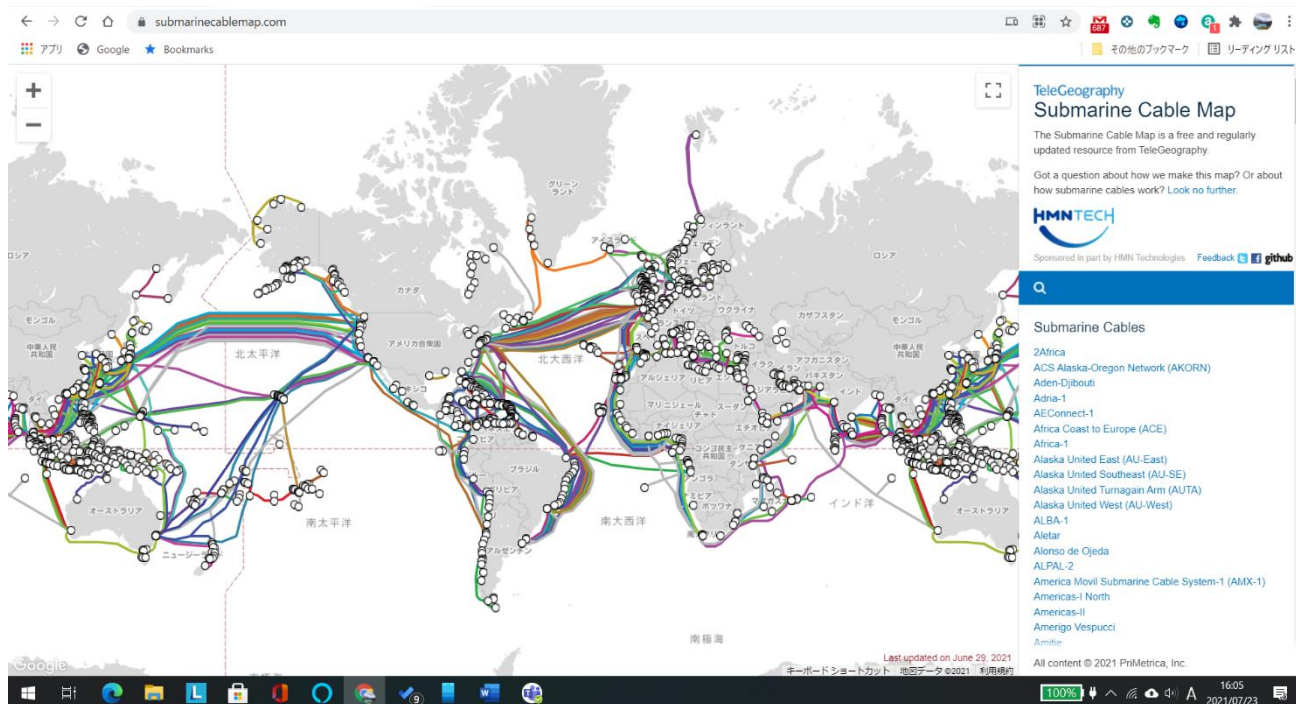


図 1 Submarine Cable Map

この図によると、国際間の光海底ケーブルを結ぶ大きなルートとしては、①太平洋間、②大西洋間、③各大陸の沿岸（東南アジア諸国を含む） の3つがあることがわかりました。

ルート	起点	終点
① 太平洋間	アメリカ西海岸	日本、香港を含むアジア諸国
② 大西洋間	アメリカ東海岸	イギリス、フランス
③ 各大陸の沿岸	—	—

このうち、①の太平洋を横断する光海底ケーブルの主なものを表 2 主な太平洋横断ケーブル挙げます。

表 2 主な太平洋横断ケーブル

名称	サービス開始年	距離	拠点	所有者
UNITY	2010 年	9620km	千倉（千葉県） ロサンゼルス（アメリカ）	KDDI、Google、 Singtel ほか
FASTER	2016 年	9000km	千倉（千葉県） 志摩（三重県） バンドン（アメリカ）	KDDI、Google、 China Telecom、 Singtel ほか

北太平洋を横断するケーブルの通信容量の合計は 890 兆ビット/秒以上もあり、DVD ディスクで毎秒約 24,000 枚も送信できる容量だそうです。

総務省の情報通信白書によると、日本の国際間のデータ通信の 99%は海底ケーブルによって実現されているとの調査結果もある<sup>1</sup>そうです。日本の光ケーブルを使った国際データ通信の相手地域は、北米が 4 割を占めています。アメリカはアジアや欧州などは同じぐらいで、中南米と他地域を結ぶ中継地点になっています。香港は 8 割強がアジアとの通信で、アジアの通信拠点になっています。

## 【光海底ケーブルに使われている技術】

光海底ケーブルの概要図を図 2 光海底ケーブルシステム概要図に示します。



図 2 光海底ケーブルシステム概要図

この図に示すように、9000 キロ以上に及ぶ距離を光信号で通信を行うためには、以下のような技術が必要になります。

技術	概要
伝送ロスをなくす	途中で光信号の反射がなくならないように、可能な限り光ファイバーの中を全反射させる
光信号を増幅する	光信号が弱くなった場合に、途中で信号を強くする
光信号で多くの情報を送信する	光信号を使って多くの情報を送るため、波長を変えて送信する
光信号を分岐する	光ファイバーが途中で切れた場合に備えて、複数の拠点にジョウリクできるように分岐する
光ケーブルが切れなくする	深海の圧力で光ファイバーケーブルが切断されないようにする

それぞれの技術の内容を以下に示します。

<sup>1</sup> 情報通信白書 2020 年版

<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd131420.html#n3104020> より

### ① 光ファイバーの伝送ロスをなくす

光ファイバーは、光ケーブルの中を光が反射しながら進んでいきます。この時、光の全反射という現象が使われます。全反射とは、光がある物質 A から屈折率の異なる物質 B に入ろうとしたとき、一定の進入角以上になると境界面ですべて反射してしまうという反射の一例です。水中で泳いでいて、浮かび上がろうとしたとき、水面から空が見えていたはずなのに水面に近づくとプールや海の底が反射して見えるのは全反射の一例になります。

このとき、光ファイバーケーブルの外に光が漏れないようにすることで 100%に近い全反射ができるため、光ファイバーケーブルの材質に工夫がされています。「シングルモード」「マルチモード」という光ファイバーケーブルの種類がありますが、長距離用の光ファイバーケーブルには、「シングルモード」のケーブルが使われています。シングルモードのほうがロスが少ない技術が使われているそうです。

また、光ファイバーは 1 本で 9000km 作れないので途中で別のケーブルにつなぐ必要があります。この時も、ファイバー間をつなぐときにロスがないような接続方法を取っています。

### ② 光信号を増幅する

100%の全反射ができないため、一定距離以上になると光信号も弱くなってきます。そのため、光信号を強くするための機械が必要になります。これを光増幅器（アンプ）といいます。アンプは、CD など音楽をスピーカーで聞くために音を大きくしますが、これの光信号版です。

光増幅器は、もとの光の信号に増幅器内の光源を追加し、もと同じような信号を次の光ファイバーに送信します。このとき、光が切れたりすると信号の内容が変わってしまう可能性があるため、同じように一定の強さにすることが難しいそうです。

### ③ 光信号で多くの情報を送信する

光ファイバーケーブルを敷設するには多大な建設費がかかるため、できるだけ多くの信号をこの中通すことで効率がよくなります。そのために光ファイバーケーブルの中を通す光の波長を変化させて複数の信号を通す技術（光波長多重通信）が実現化されています。

### ④ 光信号を分岐する

光ファイバーケーブルを複数の拠点に水揚げするために、信号を分岐する必要があります。光の信号を分割するためには「スプリッタ」と呼ばれる装置が使われます。

スプリッタの中では、1つの光ファイバーケーブルから複数のケーブルに分岐させるため、光ファイバーケーブルの信号が通るコアの太さ（ミクロン単位）でのずれが起きないように接続技術が使われています。

### ⑤ 光ケーブルが切れなくする

海底に光ファイバーケーブルを敷設するには、海底ケーブルは、中心部分に光ファイバーを何本

か通し、その周囲を水圧で破損しないよう頑丈な素材で何層もカバーしています。海底を這うように敷設するケーブルは、水深約 8,000m もの海溝を通ることもあるため、1 平方センチあたり 1 トンほどの水圧がかかります。一方、水深の浅い箇所では船の錨が衝突したり、サメが噛んだりするようなことが起こるため、頑丈なケーブルが必要です。

### 【調べてみた感想】

普段使っているインターネットや MLB の大谷翔平選手の試合が家で見られるのも、光ケーブルがあることのおかげであることがよく分かりました。また、調べている中で「プロジェクト X」という番組で太平洋横断ケーブルの建設物語の回があったということだったので、今度見てみたいと思います。

### 参考文献・サイト

1. 情報通信白書 2020 年 <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/>
2. Submarine Cable Map <https://www.submarinecablemap.com/>
3. Time&Space <https://time-space.kddi.com/>