

## APOS2018 ショート速報 [光センシング]

水野 洋輔 (東京工業大学)

会議名：The 7th Asia-Pacific Optical Sensors Conference

開催期間：2018年5月28日～31日

開催場所：くにびきメッセ (島根県松江市)

\*\*\*\*\*要 約\*\*\*\*\*  
 APOS は、光センシングに関するアジア太平洋地域を中心とした国際会議である。今回、7 回目にして初めて日本（島根県松江市）で開催された。全ての口頭講演がシングルセッションで行われるのが特徴である。1 件のプレナリー講演と 9 件の招待講演を含めて、計 147 件の講演（口頭 56 件、ポスター 91 件）が行われ、200 名近くの参加者があった。また、国内外の 10 社が参加する展示会も併設され、盛況であった。本報告では、筆者の専門に近い光ファイバセンシング分野を中心に、最新トピックや興味深い講演をいくつかピックアップして紹介する。

\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

APOS2018 は、2018 年 5 月 28 日から 31 日にかけて、島根県松江市のくにびきメッセにおいて開催された。本会議は、光計測・光センシングや光ファイバセンシングに関するアジア太平洋地域を中心とした国際会議で、2008 年に中国成都で開催されて以来、1 年半毎に行われてきた。今回、7 回目にして初めて日本で開催することとなり、10 年目の節目でもあった。伝統的に、全ての口頭講演がシングルセッションで行われるため、落ち着いて全ての講演を聴講できるのが特徴である。生体・医用センシング、分布型センシング、グレーティング応用技術、イメージング技術など、11 の多様なカテゴリについて、1 件のプレナリー講演と 9 件の招待講演を含め、合計 147 件の講演が行われた。そのうち、口頭講演は 56 件（ポストデッドライン講演は 5 件）、ポスター講演は 91 件であった。会議には 184 名の参加者がおり（うち学生は 64 名）、その国籍は多い順に、中国、日本、韓国、オーストラリア、ドイツ、イタリア、ニュージーランド、アイルランド、ポルトガル、イスラエルとなっており、アジア太平洋地域以外からも多くの参加者があった。なお、中国からの参加者だけで全体の過半数を数えており、光計測分野での中国の勢いを感じずにはいられなかった。また、会議では光ファイバセンシング関連の国内外の 10 社が参加する企業展示会も併設され、いくつかの企業では実際の装置のデモを見ることができた。講演内容の傾向としては、光ファイバセンシング分野（特に、分布型センシングや光ファイバ・ブラッグ・グレーティング (FBG)）や生体・医用センシング分野に関する講演が多い印象を受けた。以下では、筆者の専門に近い光ファイバセンシング分野を中心に、いくつかの講演をピックアップして報告する。

### 2. 分布型センシング

ハルビン工業大学のグループからは、動的な歪を分布的に検出するための、光ファイバ中のブリルアン散乱を用いた高速分布型センサについて講演があった。広く知られているブリルアン光時間領域解析法 (BOTDA) に対して、周波数アジャイル技術、スペクトル傾斜利用技術、光チャープチェーン技術をそれ

ぞれ適用することで高速動作を実現できることを示した後、それぞれの長所・短所がまとめられていた。中でも、光チャープチェーンに基づく高速 BOTDA は、MHz オーダのサンプリングレートと広い歪ダイナミックレンジを両立する世界唯一のブリルアン分布センシング技術であり、現場での振動の分布検出への応用が期待される。ただ、光ファイバの両端から光を入射しなければ動作しない点は、改善の余地があると感じた。また、同グループからは、ポリイミドでコーティングした偏波保持フォトニック結晶ファイバを用いて、塩分センサを実装できることも報告された。塩分が増加するとコーティングが膨張し、結果的にファイバの複屈折が変化するため、これをブリルアン・ダイナミック・グレーティングで検出するという原理である。塩分を計測するという報告は珍しく、光ファイバセンサの応用可能性の広さを感じた。さらに同グループは、イメージ・マッチング・アルゴリズムを適用することで、位相敏感光時間領域反射計の時間分解能を従来の 6 倍まで向上させたという報告もあった。この発表はイメージング技術のセッションにて行われたもので、異分野の技術を融合させることで新しい技術が生まれる可能性を感じた。

上海交通大学のグループからは、光ファイバ中のラマン散乱を用いた温度センサにシンプレックス符号化を施した場合、光源を 2 つ並列に用いることでエルビウム添加光ファイバ増幅器の物性に起因する制約が撤廃され、測定レンジを延伸できることが報告された。50 km に渡って、空間分解能 10 m および温度分解能 1.8°C での分布測定が実証されていた。また、同グループからは、位相雑音補償光周波数領域反射計のアルゴリズムをハードウェアで実装し、100 km に渡って 7 cm の空間分解能でのリアルタイム動作を実現したことも報告された。本グループは、中国勢の模範となるような、質の高い研究を推進している印象である。

イスラエルのバルイラン大学のグループからは、光ファイバ中の導波音響波型ブリルアン散乱 (GAWBS) を用いた光ファイバの外側の物理量を分布的に解析する手法について発表があった。一般に、光ファイバに歪や温度が印加されるとそのコアが変形して光学的特性が変化するため、一般的な光散乱現象に基づく手法によってそれらの分布検出が可能である。一方、コアが変化しないような周囲の物理量 (音響インピーダンスなど) を分布的に検出する手法はまだ確立されていない。そこで本発表では、光ファイバ中の径方向の音響波と光の相互作用である GAWBS に着目し、これを実現する取り組みが紹介された。GAWBS スペクトルを直接分布的に計測する手法は困難とのことで、レイリー散乱を介して GAWBS の情報を取り出す試みが、初期の測定データ (3 km に渡った、空間分解能 100 m での測定) とともに提示された。このデータは信号対雑音比が不十分であったものの、本内容は光ファイバセンサの新たな分野を切り拓くものであり、今後の展開が大いに期待される。なお、東京大学のグループからも、分布測定ではないものの、GAWBS に関連する講演があった。

日本勢では、NTT のグループから、数モードファイバ中のブリルアン散乱スペクトルのモード間クロストークを制御する手法、および、イメージセンサを用いて数モードファイバ中の断面におけるブリルアン利得を測定する手法の提案があった。また、東京工業大学のグループからは、意図しない光損失の影響を受けない傾斜利用ブリルアン光相関領域反射計 (BOCDR) の動作を実証したという報告や、細径化させたプラスチック光ファイバ (POF) を用いることでブリルアンセンサとして世界最高の歪ダイナミックレンジを達成したという報告があった。

### 3. その他

プレナリーセッションでは、東京大学のグループから、誘導ラマン顕微鏡を用いた高速多色分光イメージング技術について講演があった。ラマン散乱は、光ファイバを用いた温度分布センシングの原理としても有

用であり、著者をはじめ多くの聴衆が興味を持って聴講したものと思う。ラットやマウスの生体組織を無染色で迅速に観察できる本技術の成功の影には、実に多くの新しい発想や工夫が詰め込まれていることをわかりやすく解説頂いた。特に、複数の独立したレーザ出力を混合したり、ロックイン検波の周波数を極限まで高くしたりすることでラマン散乱信号を改善していく過程は見事であった。また、多色の像を得る原理にも感銘を受けた。プレナリー講演に相応しい、素晴らしい講演であった。

同志社大学のグループからは、超音波式可変焦点レンズに関する最新展開について報告があった。レンズとして働く液体を、超音波振動による音響放射圧によって変形させるという動作原理である。焦点距離を変化させる際の動作速度や安定性についての議論のほか、液晶の利用やアレイ化に関しても進捗が紹介された。本発表は光ファイバとは無関係であるが、このような興味深い発表も聴講できることが、世界最大の光ファイバセンサ国際会議 (OFS) にはない APOS の魅力の一つであると感じた。また、光ファイバ技術との融合の見地から、光ファイバの先端にこの液体レンズを取り付けることで新たな機能を付与できるかもしれない。

ポルトガルのリスボン大学のグループからは、光ファイバヒューズ現象のセンシングへの有効活用についての報告があった。一般に、光ファイバに極めて高パワーの光を入射すると生じる光ファイバヒューズは、光ファイバを破壊して伝搬損失を激増させてしまうため、通信分野では避けるべき現象とされている。しかし、ヒューズ後の光ファイバは興味深い構造・物性を有しており、これを利用して種々の物理量のセンシングに活用できる。例えば、ヒューズ後のシリカ光ファイバには周期的に空孔が生じるが、これを共振器として活用することで、歪や温度が計測可能となる。また、POF の場合には、ヒューズ後にコアの一部が炭化するため、物性が大きく変化する。ヒューズ後の POF のセンサ応用については、ブラジルのエスピリトサント大学のグループから別途報告があり、歪と温度の計測のほか、湿度や曲げの計測にも応用できることが示されていた。今後の展開が楽しみな分野であり、個人的には炭化による導電性を有効活用したセンサやデバイスが発明されるのを期待している。

光ファイバセンサの実応用についても、多くの報告があった。中国科学院のグループからは高分解能 FBG を地震計として応用した報告が、ニュージーランドの IESE のグループからは大規模構造物の健全性監視に BOTDA を応用した報告が、東京工業大学のグループからは炭素繊維強化プラスチックを含む構造の変形監視に傾斜利用 BOCDR を応用した報告が、それぞれなされた。新技術の開発のみならず、現場適用の技術も並行して進めることが、光ファイバセンサ技術を社会に浸透させていくためには必須であると感じた。

ポストデッドラインセッションでは、東京大学のグループから、人工知能技術に基づくパイプの形状センシングの提案がなされた。人工知能、ディープラーニング、ブラックボックス問題などは、昨今あらゆる分野で目にするキーワードであるが、光ファイバセンサ分野においてもそれは例外ではなく、人工知能によりセンサ出力と測定対象の状態を結びつけるという研究は、近年散見されるようになっている。本発表はシミュレーション段階での報告であったので、今後の実験的検証が待たれる。

#### 4. おわりに

APOS2018 にて発表された、光ファイバセンシング分野の研究動向について報告した。本報告で触れた講演は全体の一部に過ぎず、他にも多くの興味深い講演があったことを申し添える。なお、中国人の講演者がビザを取得できなかったために当日キャンセルとなった講演が 5 件以上あったのは残念であり、早急に解決すべき世界的な問題であると感じた。次回の APOS2019 は、2019 年 11 月 19 日から 22 日にかけて、ニュージーランドのオークランド大学 (サイエンスセンター) で開催予定である。