

新しい多点集中管理光ファイバ屈折率センサシステムの開発

岡山大学大学院自然科学研究科 教授 深野 秀樹

【研究の概要と特徴】

光ファイバ通信網の急速な普及に伴って高品質な光ファイバ、光通信用レーザ光源、受光素子を安価に入手できるようになり、光ファイバにセンシング機能を持たせる研究開発は大変魅力あるものとなってきております。当研究室では、多種の光ファイバセンサの研究開発を行なっていますが、ここでは、図 1 に示すような、マルチモード干渉(MMI)構造を用いた超高感度屈折率光ファイバセンサの例を報告します。

通常ファイバは、中央の高屈折率のコアとその周囲の低屈折率の厚いクラッドで構成され、コア/クラッド界面の全反射により光が伝搬します。従来技術では、光を伝搬する入力と出力ファイバの間に、コア部分に周期的な構造や細いコア径などの特殊な構造のファイバを挿入し、コアに閉じ込められている光を意図的にクラッド層にリークさせ、その結果として、クラッド層の外側まで光を漏洩させ、外部領域との相互作用による透過光量の減衰をセンシング原理に用いています。

本研究のセンサ構造は、図 1 に示すように、コア径の大きいマルチモードファイバ(MMF)の両

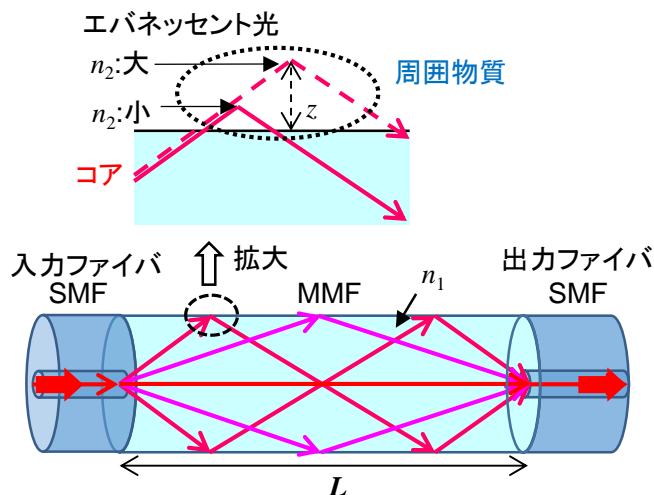


図 1 光ファイバセンサ構造

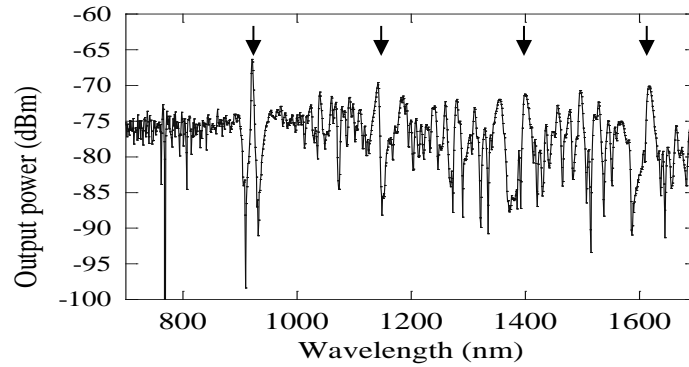


図 2 出力光のスペクトル

端をコア径の小さいシングルモードファイバ(SMF)で挟み込む単純な構造となっています。入力ファイバからの出射光は、回折により大口径のMMF内に広がりますが、図に模式的に示すように、MMFのコア内部とその周囲部分の境界面で全反射して伝搬し、光のほとんどはMMF内に閉じ込められ、複数のモード光として伝搬します。この境界面には、エバネッセント波と呼ばれる染み出し光が存在し、染み出し深さは、周囲物質の屈折率で変化します。出力ファイバ部では、モード間の干渉により位相の揃った光の透過強度は大きくなり(図2中矢印部分)、位相が逆相となった場合には大きく減少します。この結果、図2に示すように、透過光強度に凹凸が現れます。この構造による干渉現象をマルチモード干渉と呼びます。

本研究のセンサファイバ構造では、光は全反射を繰り返し減衰することなく伝搬し、外部の屈折率によって異なる位相の変化を経て、出力側ファイバ部に到達し、平均光強度は高い状態が維持されます。このため、外部の媒質の極めて微小な屈折率変化で、出力ファイバ部でのモード間干渉の最大/最小になる波長がシフトし、最大ピークの光強度自体は減衰することなく、特定波長に固定して見ると、屈折率変化で光強度が変化し、高精度な測定ができます。一方、従来構造のセンサでは光の大きな減衰状態での光強度変化でセンシングを行うので、光源の強度や光検出器の測定の下限值や精度、ファイバの長さなどに特に注意が必要であり、長距離光伝搬が可能なファイバの特徴を生かした、多点の集中管理が可能な外部の屈折率を測定するファイバセンサシステムとしての実用化には至っておりません。

MMI構造光ファイバのセンサ部の長さ(L)を変えた場合の干渉波長の変化を調べ、測定した結果をMMIの理論値と比較し、両者が良く一致することを明らかにしました。これにより、センサ部長とモード次数を設計し、任意の波長に干渉を設定することができるようになりました。このMMI構造光ファイバを最適化して屈折率測定に応用し、市販のアップ屈折率計に比べ、約10倍の超高感度特性を得ました。

また、近年の光通信技術では、大容量の通信データを一度に送るために、一本のファイバの中を多数の波長の光を同時に伝搬させることが行われており、このためのIntegrable Tunable Laser Assembly (ITLA)と呼ばれる波長可変レーザと多くの波長光を光ファイバに合波したり、分波したりする光波長合分波器が実用化されています。ITLAは、チャンネル番号を指定するだけで、あらかじめ決められた波長の光を高精度に出力することが出来ます。また、光波長合分波器は、1つの入力ポートに対し、40以上の出力ポートを有し、それぞれのポートの波長間隔が0.8 nmで等間隔に配置され、わずかな波長の違いで光の出てくるポートが異なる、極めて高精度な多チャンネルの波長フィルタになっています。上述の光ファイバセンサは、動作波長を自由に設定

できますので、この光波長合分波器の波長にピッタリ合うように設計準備することが可能です。これによって、異なる測定ポイントへの光の誘導を ITLA の出力光波長で切り替えて行なうことが可能となります、しかも、通信用の光ファイバは、1 km の距離の光伝送で、光の強度低下は約 3%しかありませんので、広い工場などでも自由に配線して利用できます。

これらの光部品と超高感度光ファイバセンサを、図 3 に模式的に示す構成でシステム化することにより、生産現場などへの適用が可能となります。PC による波長切り替え指令により指令波長光が出射され、一方向のみに光伝送する光サーキュレータの①の入力ポートを経て出力ポート②より出、多チャンネルの波長フィルタを経て波長に対応するポートから光が出力されます。その先に反射構造を有する新構造の光ファイバセンサを設置し、その反射光は光サーキュレータへ戻って来て、③の出力ポートより出射され、光パワーメータで読み取り、センサ部の屈折率の測定を行います。光源波長の切り替えのみで、安定性に優れた新しい多点集中管理光ファイバ屈折率センサシステムの開発を行ないます。

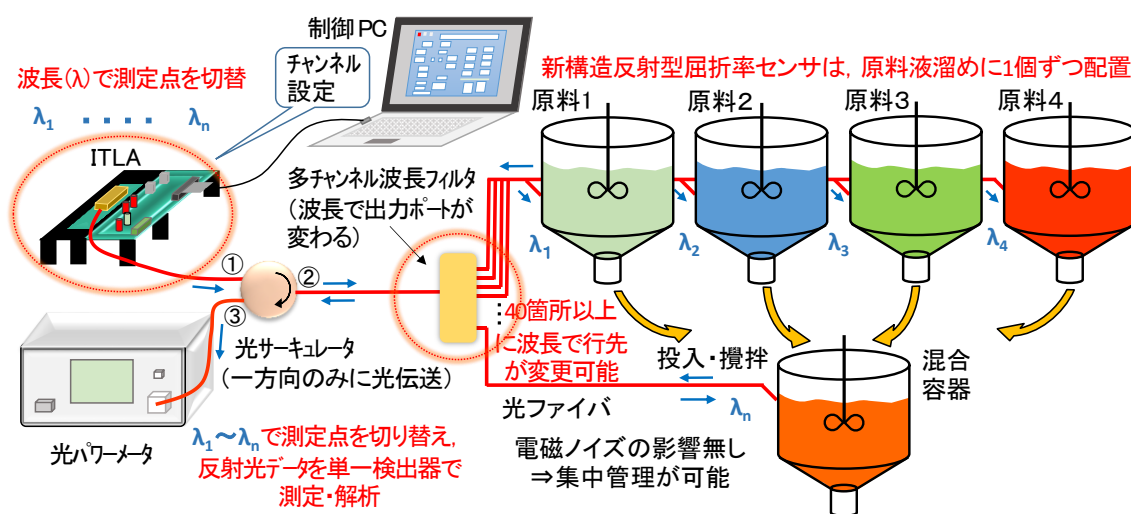


図 3 多点測定システム構成例

【産業界へのアピールポイント】

通信用光ファイバは、石英系のガラスで出来ていますので、化学的に極めて安定であります。このため、食料品や化学薬品、バイオエタノールなど、非常に多岐にわたる液体中で使用でき、その中の混合物質や混入物質の濃度を、屈折率変化を測定することにより、高感度に検出できます。検出部には、微弱光が通るだけですので、可燃性物質中におきましても使用できます。さらに、光は電磁誘導の影響を受けませんので、激しい電気ノイズの出る製造機械やエンジンのある工場など、一般的な電気センサが誤動作してしまうような場所においても、高精度な測定が可能です。

【想定される用途】

生産現場における、飲料、食品の糖度や塩分測定、バイオエタノールの濃度測定、油脂の屈折率測定、水溶性切削油の濃度測定、水溶液の屈折率・濃度測定、化学薬品の濃度測定、その他各種応用が可能。

「令和元年度特別研究（内山勇三科学技術賞）受賞者」

1. 学術研究集会学術講演会の助成

令和元年度の学術研究集会・学術講演会の助成において、第3回の申請は7件でした。この分野の選考は、研究助成選考委員会（委員長 梶谷浩一（公社）山陽技術振興会事務局長）により行われ、下表のとおり決定いたしました。

研究集会名称	主催団体	世話人
日本生産管理学会中国・四国支部支部研究会	日本生産管理学会 中国・四国支部	岡山大学 柳川 佳也
先進加工技術懇話会 第96回例会	先進加工技術懇話会	岡山大学 岡田 晃
日本機械学会中国四国支部 MD&T 研究会	日本機械学会中国四国支部	岡山大学 塩田 忠
計測自動制御学会中国支部学術講演会	計測自動制御学会中国支部	岡山大学 平田 健太郎
石油学会中国・四国支部 第37回支部講演会	石油学会中国・四国支部	岡山大学 押木 俊之
第46回炭素材料学会年会	炭素材料学会	岡山大学 後藤 和馬
第3回日本核医学会分科会放射性薬品科学研究会/第19回放射性医薬品・画像診断薬研究会	一般社団法人 日本核医学会分科会 放射性薬品科学研究会	岡山大学 上田 真史

2. 学術研究集会等のお知らせ

- ☆ 名称 **日本生産管理学会中国・四国支部 支部研究会**
 主催 日本生産管理学会中国・四国支部
 内容 支部研究会として、『受注につなげる』ために取り組むべき営業生産性向上施策とは」というタイトルで、生産管理に精通したコンサルタントおよび大学関係者を招き、講演・質疑応答を通じて、生産管理技術についての見識を深める。
 日時 **令和元年11月15日（金）**
 場所 岡山大学津島キャンパス 大学院自然科学研究科棟 第2講義室
 問合先 岡山市北区津島中3-1-1 〒700-8530 電話（086）251-8168
 岡山大学大学院自然科学研究科（工学系） 柳川 佳也
- ☆ 名称 **石油学会中国・四国支部 第37回支部講演会**
 主催 石油学会中国・四国支部
 内容 石油学会中国・四国支部では、毎年各県輪番で、石油等に関連する講演会を開催している。今年度は、岡山大学にて「できないと思われたことを実現した技術開発」というテーマで3件の講演を行う。
 URL: <http://www.ach.ehime-u.ac.jp/solid/petro/>
 日時 **令和元年11月19日（火）**
 場所 岡山大学津島キャンパス 大学院自然科学研究科棟 大講義室

問合先 岡山市北区津島中 3-1-1 〒700-8530 電話 (086) 251-8626
岡山大学大学院自然科学研究科 (工学系) 押木 俊之
E-mail: oshiki@cc.okayama-u.ac.jp

☆ 名 称 **日本機械学会中国四国支部 MD&T 研究会**

主 催 日本機械学会中国四国支部

内 容 「機素・潤滑・設計」に係る企業、および大学・高専の委員が集まり、話題提供 3 件と討論、ならびに技術交換会を行う。

日 時 **令和元年 11 月 22 日 (金)**

場 所 岡山大学津島キャンパス 工学部 1 号館 第 6 講義室

問合先 岡山市北区津島中 3-1-1 〒700-8530 電話 (086) 251-8034
岡山大学大学院自然科学研究科 (工学系) 塩田 忠

☆ 名 称 **計測自動制御学会中国支部学術講演会**

主 催 計測自動制御学会中国支部

内 容 計測、制御、システム工学の分野で活動する中国地方の研究者、技術者、学生が参加し、研究発表や技術報告、および発表内容に関する議論を行う。また、特別講演として、最新のドローン技術について岡山大学の渡辺教授に解説いただく。

日 時 **令和元年 11 月 23 日 (土)**

場 所 岡山大学津島キャンパス 工学部 5 号館

問合先 岡山市北区津島中 3-1-1 〒700-8530 電話 (086) 251-8644
岡山大学大学院自然科学研究科 (工学系) 平田 健太郎

☆ 名 称 **第 46 回炭素材料学会年会**

主 催 炭素材料学会

内 容 炭素材料学会年会は当該学会の主要行事である。各種炭素材料を取り扱う産官学の研究者や学生が集い、入口(基礎)から出口(製品)に至る広範な分野の議論を通じて、我が国の炭素材料に関する研究力を向上させることを目的とした大会である。

日 時 **令和元年 11 月 28 日 (木) ~ 11 月 30 日 (土)**

場 所 岡山大学津島キャンパス 創立五十周年記念館、理学部他

問合先 岡山市北区津島中 3-1-1 〒700-8530 電話 (086) 251-7776
岡山大学大学院自然科学研究科 (理学系) 後藤 和馬

☆ 名 称 **第 3 回日本核医学会分科会放射性薬品科学研究会/第 19 回放射性医薬品・画像診断薬研究会**

主 催 一般社団法人 日本核医学会分科会 放射性薬品科学研究会

内 容 (一般社団法人)日本核医学会の下部組織である分科会が主催する研究会であり、臨床画像診断のための放射性医薬品や造影剤、またその合成に必要な機器について議論する。国際交流のため、海外で活躍する若手研究者を招いた特別講演も実施する。

日 時 **令和元年 11 月 30 日 (土)**

場 所 岡山大学鹿田キャンパス マスカットキューブ 3F 講義室

問合せ先 岡山市北区津島中 1-1-1 〒700-8530 電話 (086) 251-7990
岡山大学医歯薬学総合研究科 (薬学系) 上田 真史
E-mail: mueda@cc.okayama-u.ac.jp

☆ 名 称 先進加工技術懇話会 第 96 回例会

主 催 先進加工技術懇話会

内 容 先進加工技術懇話会は、先進加工技術全般に関する新しい技術、研究等の情報交換や勉学を目的とした研究会である。本例会では、国内外の最新の学術研究紹介、企業からの精密加工に関する技術等に関して、講師を招いて招待講演および特別講演などを行う。

日 時 令和元年 12 月 12 日 (木)

場 所 岡山国際交流センター 国際会議場

問合せ先 岡山市北区津島中 3-1-1 〒700-8530 電話 (086) 251-8038
岡山大学大学院自然科学研究科 (工学系) 岡田 晃

《事務局よりお知らせ》

学術研究集会、学術講演会への助成について

第 4 回 (令和 2 年 1 月～3 月開催) 1 1 月 8 日 (金) 申請締切り

《ほっと交流会》

「岡振サロン」では毎月第 2 金曜日に色々な方に「ほっとな話題」を提供していただき、気軽に意見を交わす「ほっと交流会」を開催しています。お気軽にご参加下さい。

日時: 令和元年 1 1 月 1 5 日 (金) 講師: 伊藤 敏幸 氏 (鳥取大学名誉教授)

話題: 「イオン液体によるメモリーデバイスの機能向上」

場所: 岡山大学新技術研究センター 1F 参加費 (軽食付): 1,000 円

《(公財)岡山工学振興会賛助会員の募集について》

(公財)岡山工学振興会は、平成元年 2 月に設立された特定公益増進法人で、平成 23 年 11 月公益財団法人に移行した法人です。本財団は、理工学に関する研究を振興するとともに、先端技術の向上を目指した大学と産業界等との連携を図り、もって学術および技術開発の進展に寄与することを目的としています。本会の趣旨にご賛同のうえ、是非とも賛助会員をお引き受け頂き、ご支援賜りたくお願い申し上げます。

平成 27 年度から賛助会費については、定款の変更に伴い、寄附金控除の対象となる旨の税務署の確認をいただいております。

賛助会費 (年額)

- | | | | |
|----------|-----|----------|-------|
| (1) 法人会員 | 1 口 | 50,000 円 | 1 口以上 |
| (2) 個人会員 | 1 口 | 5,000 円 | 1 口以上 |

電話/Fax : (086) 255-8311 e-mail : ofst@cc.okayama-u.ac.jp

※詳しくは当財団ホームページ <http://ofst.or.jp/> をご覧ください。