



ヘテロコア光ファイバ・ストレインゲージ

創価大学工学部
山崎大志，渡辺一弘

1. はじめに

2012年の笹子トンネル崩落事故をきっかけとして、日本における社会インフラの点検・維持・管理は喫緊の課題とされている。これまで営々と築きあげた高度なインフラを強靱化するとともに、必要に応じて点検し、安全を確保する努力を怠ってはならない。国内の橋梁・トンネル・鉄塔・ビルなどの大型構造物、または河川・法面・急傾斜地などの地形的環境の崩壊によって多くの人命が奪われているが、それらを未然に防ぐ取り組みの方向性は必ずしも明確ではなく、インフラ点検システムの社会実装は遅々としている。一方で少子高齢化により熟練されたインフラ点検技術者の数は益々減少し、将来的には人手不足が原因で膨大な数のインフラを現実的に点検できない日が訪れる日も遠くはないだろう。そういった事態に備えて、将来、洗練されたセンサ群で人の作業を支援するシステムの登場が望まれよう。こういった未来システムでは、第1にセンサ自体はコスト・エフェクティブであり、それ故にセンサは多数配置が可能であること、次に、ノイズフリーで信頼できるデータを取得、加工、伝送、集積できるセンサネットワークを構築できること、さらにその上で、人工知能(AI)により集積されたデータ群から価値的な情報を取得し人の点検を支援することである。それは新しい産業の創生にもつながる。また、劣悪な外部環境においてどのようなセンサがその要求を満たすかは、温度・電磁誘導・衝撃に対するロバスト性、敷設や電源供給容易性などの観点から総合的に評価するとともに、まずは試験運用し、データを分析してみて、点検対象に何が起きているのか、あるいは崩壊の予兆が現れているかどうかを知ることが重要である。

日本が目指す社会像として **Society 5.0** が標榜されている。すなわち、社会環境の状況・変状を **IoT (Internet of Things)** として掌握し、サイバー空間上に反映し、社会的課題の解決を図る時代である。ここではそのツールとして、ヘテロコア技術を用いた光ストレインゲージを紹介し、その社会実装への実現性について述べる。

2. ガラスの可撓性を生かしたヘテロコア光ファイバの性能

ヘテロコア技術¹⁻³⁾は汎用通信用光ファイバ線路の一部に異種コア径かつ微小長(数 mm 程度)のファイバを挿入融着して作り込むという極めてシンプルな構造を持っている。このヘテロコア部では僅かな変形を漏れ光の変化として検知している。また、条件によりクラッド境界面のエバネッセント光により外部の物理・化学量も検知する。例えば、機械的直線変位量を何らかの機構でファイバ線路に与えた緩やかな曲げに変換すれば、変位量は伝搬光の光強度変化に変換される。ガラスファイバは外力により形状が変化しても外力がなくなれば正確にもとにもどるという可撓性を有しているため、コア内の光伝送は正確に元に戻る。すなわちヘテロコア技術はこの自然な可撓性を遺憾無く発揮して、再現性と精度を担保している。

また、シングルモード、マルチモードファイバのヘテロコア部の異種コア結合を調節し、クラッドに故意に光をリークさせればクラッド表面におけるプラズモン共鳴現象を利用できる。円筒クラッド