

光学ウェアラブルの改善が導く伸縮性のある光ファイバーセンサー

この数年間、ウェアラブルセンサーの研究が増加している。ウェアラブル技術の拡大は、実社会におけるデータ収集及び処理を行うより効率的なセンサーの開発を促進する。小型のウェアラブルセンサーにより、研究者は体の動きをより効率的に追跡することができる。ウェアラブルセンサーの応用は、医師による命に関わる病状の監視からビデオゲームのアニメーションの品質改善までに及ぶ。効率的なセンサーは小型で、耐久性があり、リアルタイムで大量のサンプルデータ取得が可能である。これら 3 つの分野の内のいずれかを改善することで、センサーの価格の大幅な上昇が可能となる。

*オプティカ(Optica)*は、*The Optical Society* における際だった研究に関する論文誌、単価を下げながらセンサーの効率を改善できる新しいタイプのセンサーを紹介している。人間の動きを検出するのに十分な耐久性を備えた伸縮性のある光ファイバーを、北京の清華大学 The State Key Laboratory of Precision Measurement Technology and Instruments（高精度計測技術及び器機のための国家重点実験室）の Changxi Yang 氏が率いるチームが開発した。

この伸縮性のある光ファイバーは直径が 0.5 mm 程と薄く、耐久性と伸縮性の両面を兼ね備えている。この後者の機能により詳細なデータの提供が可能になるのである。伸縮性のある光ファイバーセンサーは、固定された表面の位置とその引っ張り強さ（伸張性）の双方の全体的な把握にあてることができる。この新しい光ファイバーは関節の動きを検出できるほど敏感で柔軟であるという点が、現在使われているファイバーセンサーとの違いである。

Yang 氏は述べた。「この新しい技術が、非常に大きなゆがみを測定する光ファイバーを適用した方法を可能にするのです。ウェアラブルであり、取り付け可能、そして持ち前の電氣的安全性と電磁妨害に対する排除能力など、光ファイバー固有の本質的な利点を備えています。」

これまでのアプリケーション

長年、一般的な光ファイバーセンサーは橋や建物に使用されてきた。光ファイバーは伸びたり曲がったりすると光を屈折させるため、モニターが容易に検出できる。しかし通常、光ファイバーは最大で 1% 以下の歪みにしか対応できない。ということは、たった一本指を曲げるのに少なくとも 30% の歪みが生じる事を考えれば、これは身体の動きを検出するには不適切な候補となる。これが、動作検知研究のほとんどが電子センサーに移行した理由である。このようなセンサーは、通常センサーを曲げた時の抵抗など、電気的特性の変化を測定することによって人体の動きを測定する。これらのシステムを、快適なユーザー体験を援助しながら体の動きの追跡に適用するのは困難である。更に、我々が日常遭遇する多くの電磁信号からの干渉も受けやすい(例えば、携帯電話やクレジットカードであるが、その他のセンサーでも)。曲がる光ファイバーであれば、これらの問題を回避でき、電子工学に基づいたものよりも安定性が高く、より持続可能なウェアラブルデバイス作成の可能性がある。

新たな研究

何度も試行を繰り返した後、清華大学で Yang 氏とその学生達は、シリコン、厳密にはポリジメチルシロキサン(PDMS)と呼ばれる柔らかい高分子で作られた光ファイバーを開発した。彼らは、出来上がった光ファイバーを繰り返し 2 倍に長さを伸ばす等、入念に一連のテストを行った。500 回伸縮させた後も光ファイバー（一本）は、元の長さを回復した。

「出来上がった PDMS ファイバーの力学的柔軟性はすばらしく、縛ることもねじめることも容易にできたのです」Yang 氏は述べた。その上、Yang 氏の研究チームがこの光ファイバーの直径を元の直径の 1/4 に縮小した時、強度が実に増加したのである。

検出を助長するために、研究者はシリコンにローダミン B と呼ばれる蛍光色素を混合した。光が光ファイバーを通過するとその光の一部は色素によって吸収される。光ファイバーが伸びれば伸びるほど色素によって吸収される光が増えるのだ。したがって、分光器で透過光を測定するだけで光ファイバーがどれだけ伸びたのか又曲がったのかを計測できる。これにより、観察者は 固定されている場所が身体のどこであってもその動きを知ることができるのだ。

研究チームはこのアイデアをテストするために、ゴム手袋に光ファイバーを固定し、ユーザーが指を曲げたり伸ばしたりしたときの観測を行った。運動中の結果は明確であった。通常のシリコン性光ファイバーの歪みが 1%未満であるのに対し、この光ファイバーは 36%超であった。この歪みの量は、我々が可能な指を曲げる動作の量に合致するし、電子センサーで計測することのできる歪みの量とも確かに合致する。

「PDMS ファイバーの驚くべき柔軟性と延伸性は、特に大きな歪みの検出に魅力的なのです」と Yang 氏は述べ、これが、研究者が人間の動きを捉えるために光学センサーを使用した初めての試みである事を加えた。

伸縮性のある光学ファイバーの、人が呼吸をしたり話たりするときの首の筋肉の動きなど、より微妙な歪みの感知についてもテストを行った。「全ての成果から明らかになったのは、光ファイバセンサーを使って様々な人の動きの観察が可能であり、ヒューマンマシンインターフェース調査に新たなアプローチを与えてくれるかもしれないということです」と Yang 氏は述べた。

また、研究チームは伸縮性のある光ファイバーを水、グリセリン、空気など異なる環境でのテストを行った。テストは成功したのだが、様々な環境における正確さに若干の変化があった。この現象は、新しいセンサーを、使用する特定の環境に合わせ調整する必要がある事を示しているものだ。

研究チームは、ハロゲンランプに接続して光ファイバーを点灯し、通過する光を分光計で測定した。この技術をウェアラブルデバイスの作成に導入するには、Yang 氏曰く、コンパクトな光源や簡単に身体に装着することができる分光計の開発が必要であり、これは可能である。

[研究の分析を読むには、ここをクリックしてください。](#)