生体膜の分光断層像計測を目指して

Trial for realization of the spectroscopic tomography of biomembrane

○石丸伊知郎（香川大学）

Ichirou ISHIMARU, Kagawa University, Hayashi-cho 2217-20, Takamatsu, Kagawa

Key Words : Optical coherence tomography, Spectroscopic imaging, Fourier transform infrared spectroscopy

1. 緒言

生活習慣病など慢性疾患の予防、日常の管理などには、人に優しく皮膚の透過性の高い赤外光を用いた無侵襲医用計測技術は益々重要性を増してくる。近年、近赤外光を用いた網膜断層像計測に、OCT (Optical Coherence Tomography) が眼科を中心に急速に普及している。これは、近赤外光が皮膚の透過性が高いことに着目した、網膜剥離など深さ方向の形態情報を計測できる画期的な計測手法である。一方、赤外光領域では、分子構造に特有の分光吸収特性を有しており、成分計測が可能な波長帯域でもある。そこで、例えば医用分野では、分光吸収率から血糖であるグルコース濃度を計測する、無侵襲血糖値センサーの研究が多々行われてきた。しかし、従来の分光手法は、計測領域内の平均的な分光特性を取得するため、様々な生体由来の外乱を光学的に分離して計測することはできなかった。このため、血管内部の微小なグルコース濃度の変化を高感度に計測することは困難であった。

我々は、計測面を合焦面内に限定し、高い空間解像度で2次元分光イメージングが可能である結像型2次元フーリエ分光法を提案している。本講演では、提案手法を生体膜の分光断層像計測に適用する試みについて述べる。

Conventional OCT(Optical Coherence Tomography)

Morphological change: retinal tomographic image etc.

Spectrum at arbitrary point in biomembrane

Developing into Spectral OCT

Macular pigment density
Non-invasive blood sugar sensor etc.

Fig.1 Trial for realization of spectroscopic tomography

2. 結像型2次元フーリエ分光法[1]

図2に結像型2次元フーリエ分光法の原理を示す。無限焦点系の結像光学系の物体光束の半分に、高精度に位相差を与える位相可変フィルタを設置している。位相可変フィルタは、ピエゾ素子により高精度に駆動する可動ミラー部と、固定ミラー部により構成している。可動ミラー部を移動させる位相シフト量に応じて、結像面全体において干涉強度変化を同時に計測することができる。この干涉強度変化、いわゆるインターフェログラムを数学的にフーリエ変換することにより、2次元で分光計測する手法である。

本手法では、参照光を用いずに、物体光束間のみで位相シフト干渉を生じさせている。また、結像光学系であることから、合焦面以外から生じた光線はインターフェログラムの形

成には寄与しない。つまり、計測深さを合焦面に限定した2次元フーリエ分光イメージングが可能になる。更に、生体膜内で問題となる光拡散の影響も受けにくい。これは、拡散の影響を受けて位相の乱れた光線は、合焦面以外から生じた光線と同様にインターフェログラムの形成には寄与しないため、結像強度の直流成分になり、交流成分である分光情報には悪影響を及ぼさないためである。

Fig.2 Principle of imaging-type 2-dimensional Fourier spectroscopic imaging

3. 最後に

本提案手法を、赤外領域へ拡張した生体膜分光断層像計測の実現に着手した。また、超小型の分光イメージング装置にすることにより、外乱に対するロバスト性と可搬性の向上も目指している。本講演に於いて、バイオエンジニアリングの専門家の皆様からの忌憚のないご意見を賜りたい。

謝辞

本研究は、独立行政法人科学技術振興機構の先端計測分析技術・機器開発事業による成果である。

参考文献

- [1] Inoue, I. Ishimaru, T. Yasokawa, K. Ishizaki, M. Yoshida, M. Kondo, S. Kuriyama, T. Masaki, S. Nakai, K. Takegawa, N. Tanaka: Variable phase-contrast fluorescence spectrometry for fluorescently stained cells, Applied Physics Letters, 89, 121103, pp. 121103-1-121103-3 (2006.9)