

近赤外光を利用した生体計測に関する研究

白石知久*¹ 栗原英紀*² 井村俊彦*² 半田隆志*³ 富永達矢*⁴

The research about the biometrics which used a far-red light

SHIRAISHI Tomohisa*¹, KURIHARA Hideki*², IMURA Toshihiko*²,
HANDA Takashi*³, TOMINAGA Tatsuya**⁴

抄録

医療現場において、安価で安全などの理由から近赤外光などを利用した生体内部の光計測技術の開発が活発化している。近赤外光の干渉を利用して、その干渉強度信号の評価により生体内部の状態を計測し可視化する方法の開発を試みた。生体構成物質の散乱特性の相違から内部状態を可視化することができた。また対象物を微小移動させることによって2次元的な断層像、さらには3次元的な断層像が得られた。

キーワード：近赤外、干渉強度信号、波長、マイケルソン干渉、低干渉性

1 はじめに

今日の医療現場において、生体内の計測を行うには、X線や磁気共鳴装置(MRI)、超音波等が一般的に使用されているが、大がかりな高額医療設備であり、またX線や強磁場の生体への影響の問題もある。そのため人体への影響を与えないで、無侵襲で体内の異常箇所等を検査・診断できる方法が求められている。

通常、生体組織は光を通さないと考えられているが、波長が750nm～1500nm前後の近赤外領域の光は、ある程度の透過性があり、この性質を利用することによって生体内部の様子を検査することも可能であると考えている。実際、眼科における診断など近赤外光を利用した生体内部への検査も実用化され始めている¹⁾。

従来から我々は、主にスペckルパターンを利

用した光干渉法による変形計測やひずみ計測を行ってきた。その中で、干渉によって形成される強度信号を評価することによってリアルタイムかつ高精度な変形量を算出する手法を開発してきた。

そこで、光干渉と干渉強度信号評価方法を利用して生体内の無侵襲診断手法について検討した。

2 実験原理・概要

2.1 光学系

図1に示すようなマイケルソン干渉計の光学系を構築した。光源には波長850nm、及び1300nmのスーパーluminescentダイオード(SLD)を使用した。スーパーluminescentダイオード(SLD)とはレーザーダイオードなみの高輝度でありながらLEDのような低干渉性を併せ持った光源である。このような低干渉性の光源を用いると、非常に短い可干渉距離が得られ高い空間分解能を持つ²⁾。そのため雑音の生じやすい生体対象物を計測する上では非常に有効である³⁾。これら波長の異なる2種類のスーパーluminescentダイオ

*¹ 電子情報技術部

*² 環境技術部

*³ 福祉・デザイン部

*⁴ 北部研究所 生物工学部

ードについて、それぞれを光源として使用し計測を行った。この計測結果の相違を比較・検討することにより、波長が計測結果に及ぼす影響について考察した。

図1の光学系において、光源を発した光は中央のビームスプリッタで2方向に分けられる。直進する光はそのまま生体対象物へと照射される。生体対象物に照射された光は、近赤外波長という性質上、生体表面で散乱・反射するか、あるいは生体内部を透過して散乱・反射する⁴⁾。これら散乱・反射した光は中央のビームスプリッタを経て光検出器へと進む。

一方、ビームスプリッタによって垂直方向に進んだ光は、参照光用のミラーへ照射される。ミラーによって反射された光は、やはり中央のビームスプリッタを経て光検出器へと進む。光検出器において2方向から戻ってきた光が重ね合わされ、干渉が生じる。この干渉光が強度信号として計測される。

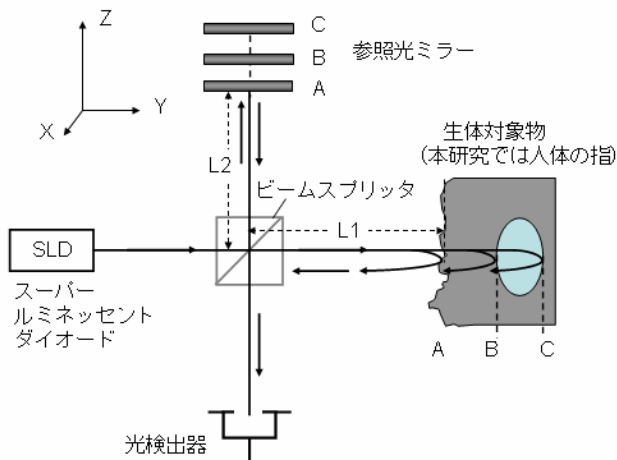


図1 マイケルソン型干渉光学系

2.2 マイケルソン干渉特性と生体内の散乱

マイケルソン干渉計は、中央のビームスプリッタの光を2方向に分けた位置から計測対象物（ここでは生体対象物）までの距離L1と、参照光用ミラーまでの距離L2が等しくなったときに、両方向からの反射光が干渉によって強めあい、図中に示す位置に設置したカメラなど光検出器におい

て大きな強度信号が検出される。

ここで参照光用ミラーを光軸上Z軸方向に高精度かつ微小距離移動させ、光路長を変化させる。このような参照光用ミラーの走査を行った場合について、光検出器で検出される干渉の強度信号の変化を計測した。

さらに参照光ミラーによる光路長変化と干渉信号強度の相関を調べる一連の計測終了後に生体対象物自体を図中X軸方向に微小距離移動させる。つまり計測位置を微小位置ずらすことで、生体の2次元的情報を得ることができる。この2次元情報を基にして、干渉強度信号の計測結果から生体断層像を作成した。

2.3 三次元生体断層像の作成

検出器によって得られた2次元的な干渉強度信号より生体断層像を作成したが、再びこれら一連の2次元情報の計測終了とともに、生体対象物をZ軸方向に微小距離移動させる。計測位置を微小距離一定間隔ごとに変えながら計測することにより、生体断層像を複数枚得られる。これらの生体断層像を組み合わせ、三次元的な生体断層像を描くことを試みた。

3 実験結果および考察

3.1 干渉強度信号計測結果

図1に示した光学系の検出器によって干渉強度信号を計測した。横軸に参照光ミラーの走査距離をとり、光学系図中の距離L2を変えたときの干渉強度信号の計測結果を図2に示した。光源の光の可干渉距離は、～数十 μm なので、生体対象物からの反射光の中で、L1=L2を満たしている光のみが干渉し、信号が得られる。ミラーを2mm移動させれば、生体対象物におけるY方向深さ2mmの信号が得られることとなる。

この干渉強度信号は、生体内のわずかな光散乱特性の相違を示していると考えられる。光散乱特

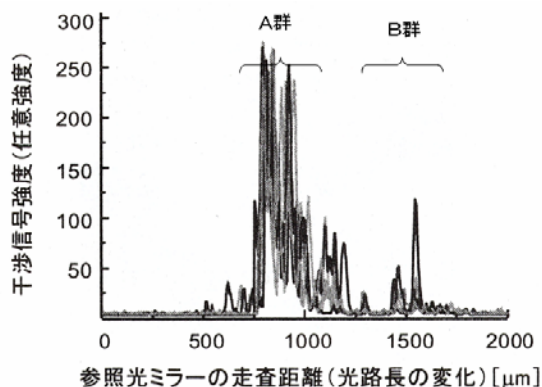


図2 光検出器による干渉強度信号計測結果

性の相違とは、言い換えれば生体を形成している材質の相違であり、同じ材質で形成されている層においては、光干渉強度も近い値を示すものと考えられる。実際、図2の強度信号A群と強度信号B群では、干渉信号強度値に大きな差があり、散乱特性が全く違うことが分かる。

3.2 生体断層の計測結果

参照光ミラーの走査距離の変化によって干渉強度信号を得る一連の計測終了後に、生体対象物をX軸方向に一定間隔で微小移動させ、同様の計測を行った。これにより、干渉強度信号が生体対象物表面について得られ、断層像を得ることができる。断層像を図3、4に示す。光源の波長による計測結果の相違を比較するため、光源を換えて同様の計測を行った。

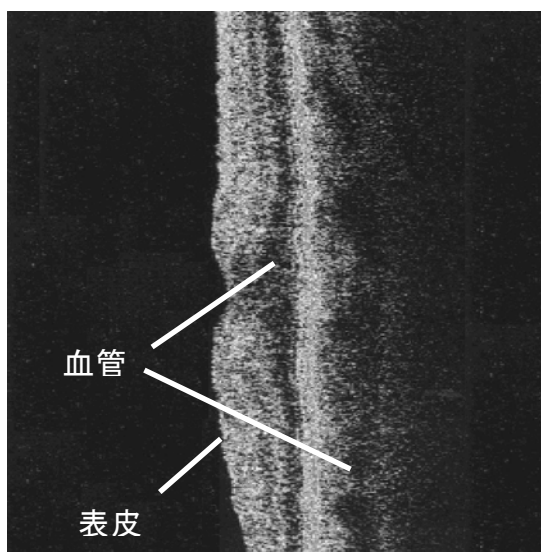


図3 2次元計測による断層像 (波長 1300nm)

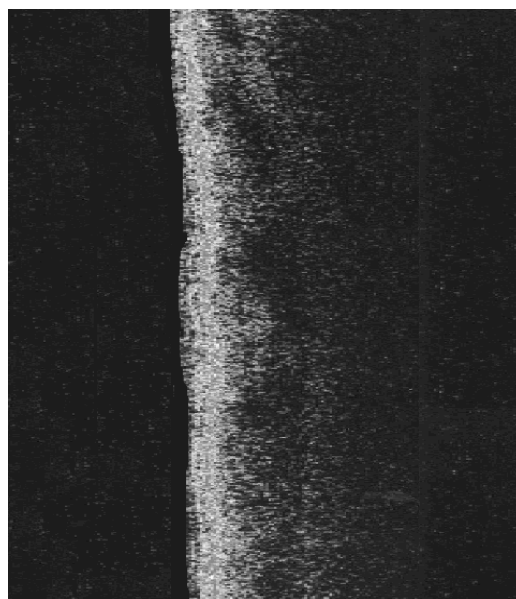


図4 2次元計測による断層像 (波長 850nm)

これらの結果により、波長 1300nmの方が波長 850nmで計測したときよりも、生体対象物内部深くまで計測することが可能であることが分かる。光の強度は、光が生体内部に進むに従い、生体中の散乱により減衰する。減衰についてはこれまでの実験からわかるように波長に依存するところが大きい。

3.3 3次元生体断層像の作成

生体断層図中の比較的明瞭な微小部分を選択し、この部分を用いて三次元の断層像を作成した。作成した三次元生体断層像を以下に示す。生体断層図中の明図中黒く見える部分が血管を示している。

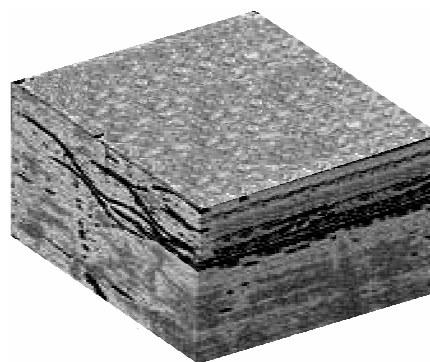


図5 3次元計測による断層像 (波長 1300nm)

4 まとめ

本研究を実施し、以下の結果が得られた。

参照光ミラー走査により光干渉の強度信号を捉え、生体対象物内部構成物の散乱特性計測を行った。生態内部の構成物質の違いによる散乱特性の相違を捉えることができた。

干渉強度信号計測を生体対象物の一定の範囲内で行うことで生体断層像を得ることができた。またこの断層像は波長依存性があり、波長 1300nm の光源による計測結果のほうが、波長 850nm の光源による計測結果よりも内部深くまで計測できることが分かった。

対象物を図 1Z 軸方向へ微小範囲移動させ計測を行うことで3次元的な断層像が得られた。

本研究では、生体対象物の内部について計測を試みた。今後は精度向上、波長の最適化などを図ることにより、生体のより深い位置での計測が可能となると考えている。

参考文献

- 1) 第 67 回応用物理学会学術講演会講演予稿集 (2006 年度)
- 2) M.Haruna, M.Ohmi : Opt.Lett. 27, p.1800 (2002)
- 3) B.E.Bouma and G.J.Tearney :Handbook of Optical Coherence Tomography, Marcel Dekker. Inc. , New York (2002)
- 4) K.Bizheva et al. : Opt. Lett. 28, p.707
- 5) Y.Yasuno et al. : Opt. Lett. 27, p.1803