

高速MEMS光スキャナを用いた

医療・非破壊検査用OCT光源の開発

研究者：年吉 洋 東京大学 先端科学技術研究センター 教授
開発企業：鄭 台鎬 s a n t e c株式会社 代表取締役社長
(推薦者：年吉 洋 東京大学 先端科学技術研究センター 教授)



年吉 洋 氏



鄭 台鎬 氏

1. 技術の背景

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) とは、半導体微細加工技術を利用してシリコン基板等の上にミクロン寸法の微小な可動機械構造を製作する技術の総称である。受賞者の年吉は1990年代からMEMS機構の微小光学応用に取り組んでおり、2002年からはs a n t e c株式会社(愛知県小牧市、代表取締役社長 鄭台鎬)との連携により、MEMS技術の光ファイバ通信機器等への応用に関する産学共同研究を実施してきた。この研究グループはこれまでに、中日産業技術賞(MEMS可変減衰器、2004年)、信学会ELEX最優秀論文賞(MEMS光ファイバ内視鏡、2011年)などを受賞している。今回の井上春成賞に顕彰された内容は、電気学会・電気学術振興賞(2015年)で取り上げられたMEMS方式の波長可変光源をOCT(光断層計測法、Optical Coherence Tomography)装置に組み込んで製品化し、医療診断や非破壊検査分野に普及させた実績にある。

OCTとは、光の干渉を利用して半透明物体内部の断層構造を可視化する技術であり、現在では眼底検査等の医療診断に応用されている。開発企

業の s a n t e c 社ではこれまでに、図 1 に示すような O C T 装置を開発している。この例では、O C T 画像の深さ方向の位置を決める光学機構にモータで回転するポリゴンミラーを使用しており、その走引速度が 2 0 k H z 程度と遅いため画像の横方向解像度が粗く、眼球のような動く被写体の撮影は苦手であった。そこで本研究グループでは、産学共同研究によって高速動作する M E M S 光スキャナを開発し、O C T の高速化・高分解能化を実現した。

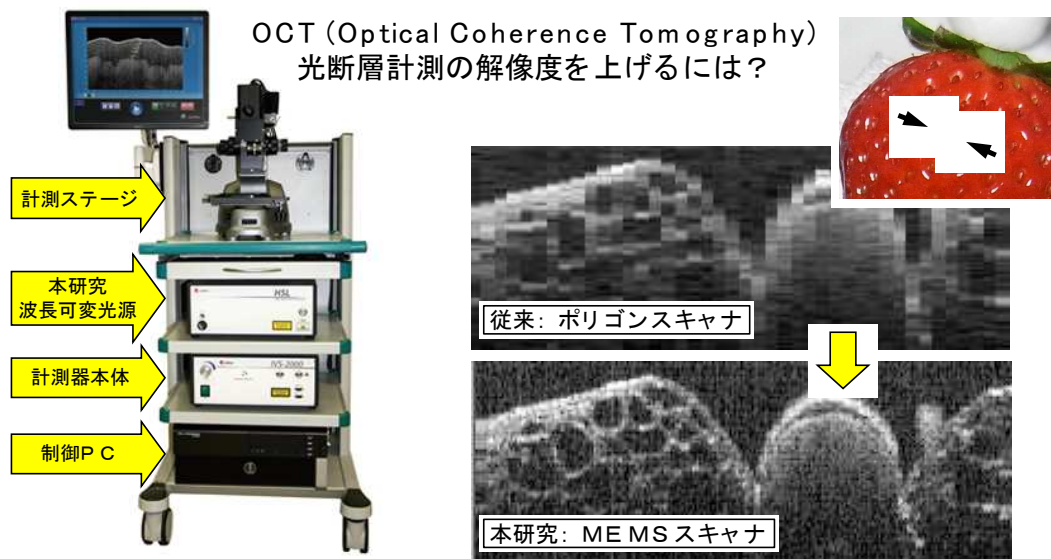


図 1 O C T (光断層計測) 装置と観察画像の例

2. 技術の概要

図 2 に O C T 光学系の基本構成を示す。初期の時間領域 O C T では、マイケルソン干渉計の参照ミラーの位置を制御して参照光と計測光の光路長を一致させ、そのときに強め合う干渉光の強度をミラー位置でマッピングすることで試料内部の構造を可視化していた。ところがこの手法では、撮像速度と解像度がミラーの速度と振幅に制限される問題がある。このため近年では、波長可変光源を用いた波長走引型の O C T が主流である。この方式では参照ミラーの位置は固定されており、参照光と試料内部から戻ってきた計測光とのわずかな光路差がもたらす波長の違いをビート信号として検出し、F F T (高速フーリエ変換) により戻り光の深さを特定する。

開発企業では、以前の製品として電磁モータで回転するポリゴンミラーを用いて波長可変光源を構成し、それを波長走引 O C T に実用化した実績がある。ただし、ポリゴンミラーの走引速度は 2 0 k H z 程度であり、医療診断 O C T に必要とされる 1 0 0 k H z での走引は困難であった。そこ

で本研究グループでは、光ファイバ通信機器向けに実績を挙げたMEMS光スキャナの技術を活用して、図3に示すような外部共振器型の波長可変光源を構成し、従来のポリゴンミラーよりも5倍以上速い100kHzでの波長走引が可能な新たな光源を開発した。

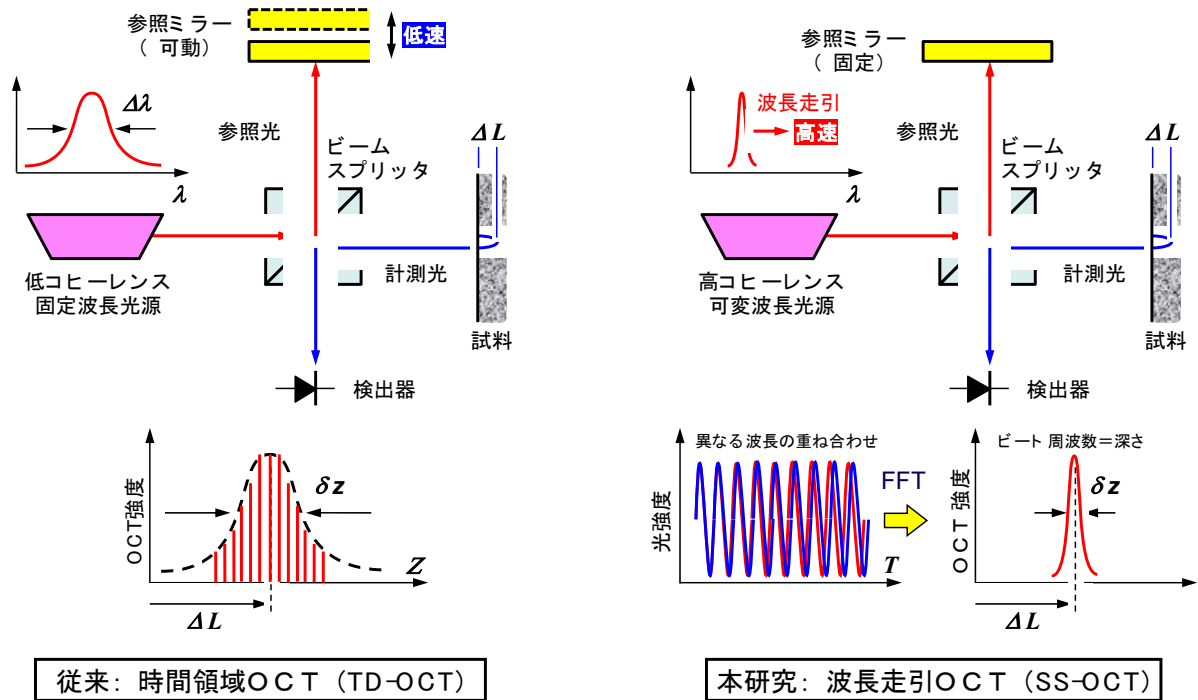


図2 光の干渉を利用したOCT光学系

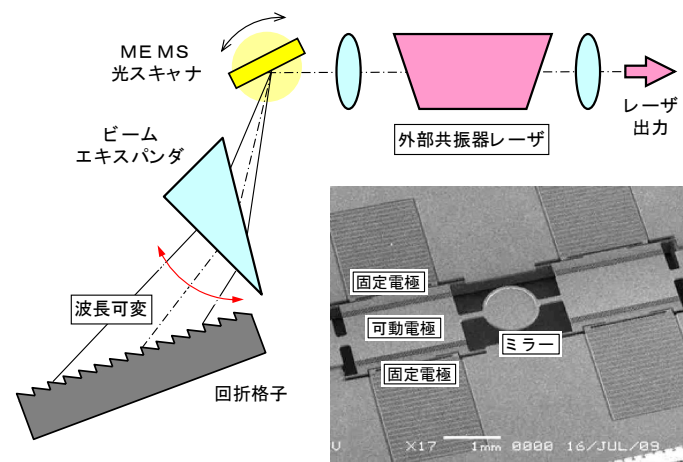



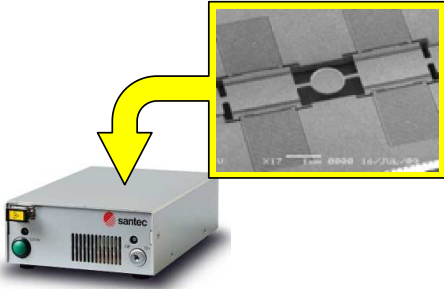
図3 MEMS光スキャナを用いた波長可変光源の構成

3. 効果

MEMS光スキャナを波長可変光源に使用することにより、表1に示すように波長走引速度の高速化と出力の増大が可能となった。これにより、図4に示すように、動いている生体試料の内部をぶれずに高速で可視化で

きるようになった。また最近の研究ではさらに長コヒーレンスのOCT光源も実現しており、眼球の角膜から網膜までを一度に撮影可能になった。

表 1 OCT光源のMEMS化による特性改善効果

	従来	本研究
スキャン方式	ポリゴンスキャナ方式	MEMSスキャナ方式
製品		
	Santec HSL-2100	Santec HSL-20
波長帯	1.3 μm	1.3 μm
波長可変幅	110~170 nm	> 100 nm
出力ピーク値	20 mW	40 mW
波長走引速度	20 kHz	100 kHz

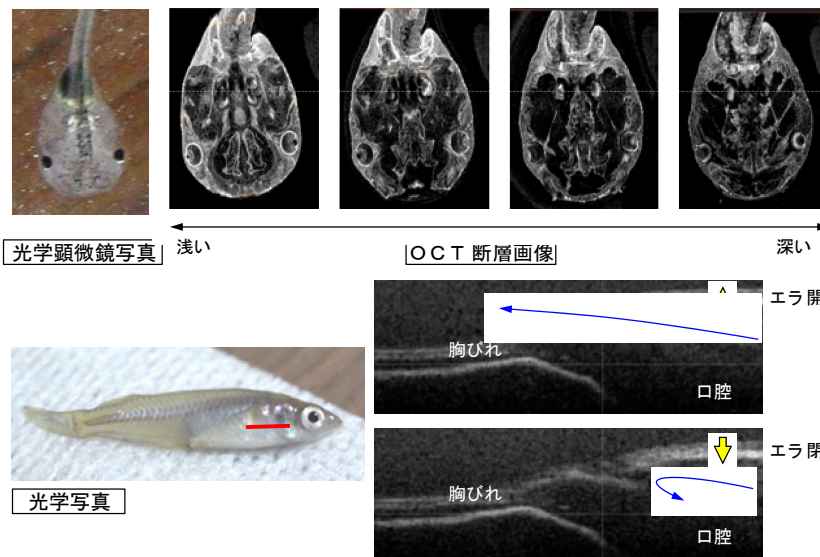


図 4 高速MEMS光スキャナを用いたOCTによる生体断面画像。

上：オタマジャクシ、下：メダカ（エラ開閉の動画像より）

このように、MEMS技術による高速光スキャナをOCTに応用することにより、短時間で非侵襲な医療診断が可能となった。また近年では、半導体製造業やフィルム製品、食品パッケージの封止検査等の工業検査にもOCTの用途を広げている。