



# *INNER*

---

# *VISION*

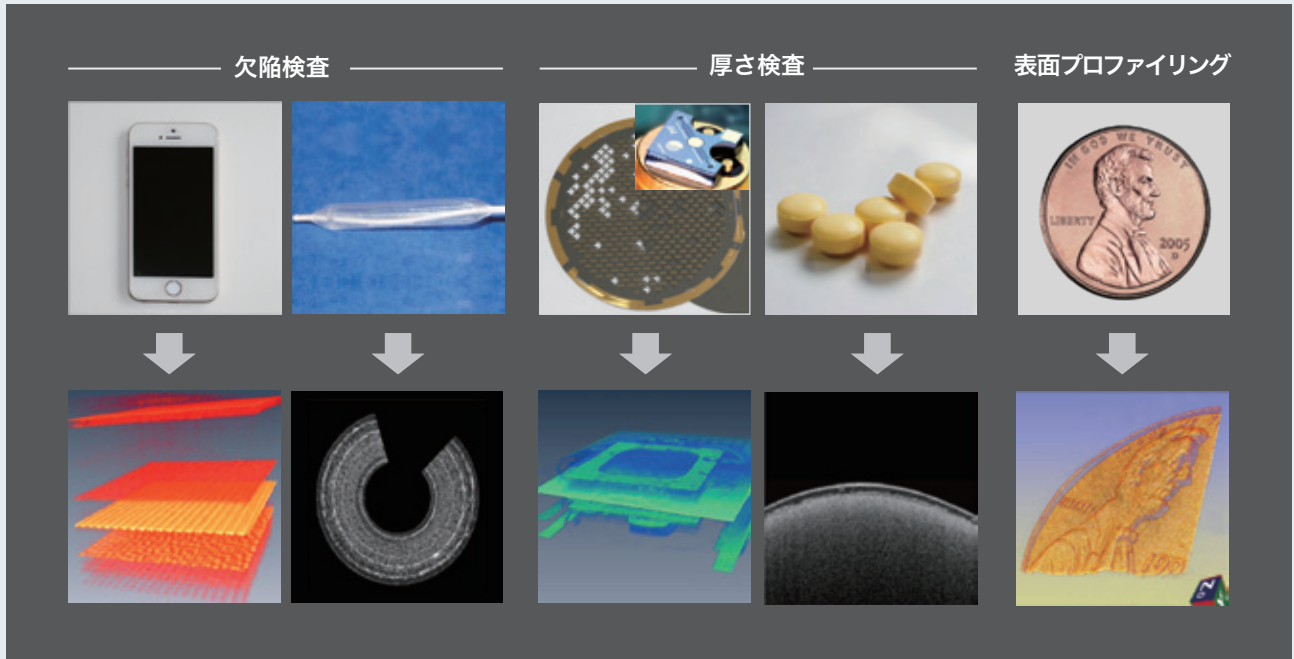
Revealing inner space  
like you have never seen before.

 **santec**  
[www.santec.com](http://www.santec.com)

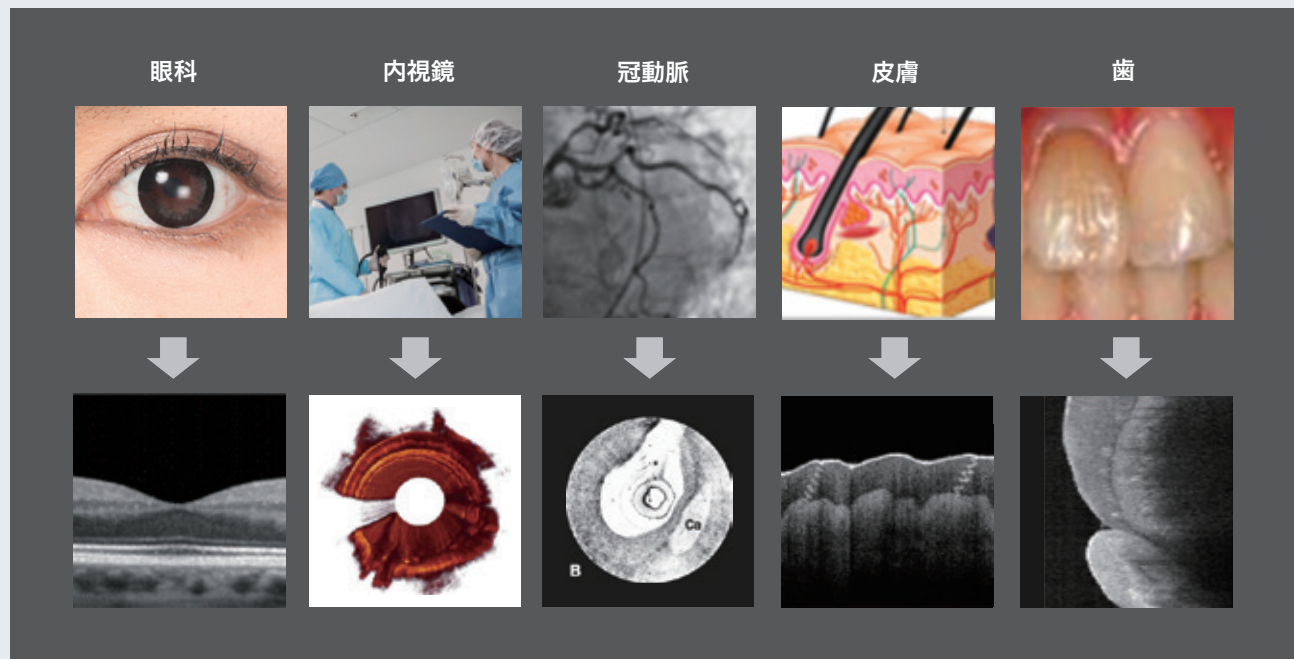
2020 Volume 3.02

# Santec OCT Systems and Lasers: 応用例

## 工業応用



## 医療応用



# Products

## Systems



## Lasers



## Accessories & Software

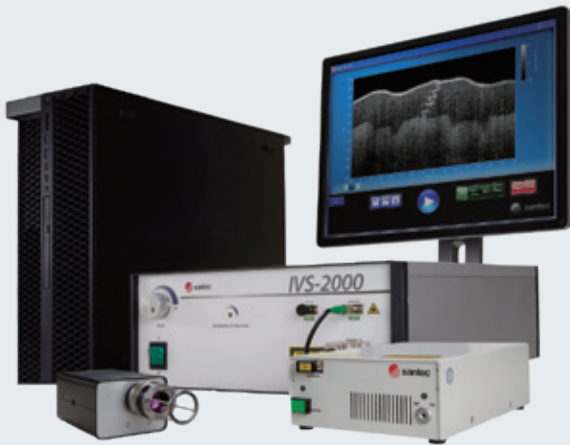




# 波長掃引型 OCT (Swept Source OCT) システム

OCT(光コヒーレンストモグラフィ)は、近赤外光を用いた非侵襲、非接触なイメージング技術で、生体組織や物の内部を見ることが可能です。原理はサンプルからの後方散乱光と参照光との干渉光の周波数分析を行うもので、内部構造を詳細に可視化できます。

当社のOCTシステム「Inner Vision」IVSシリーズは、研究開発、工業製品のインライン検査など様々な分野でご利用頂けるシステムで、波長掃引光源「HSLシリーズ」を始め、自社開発の最先端のコンポーネントから構成されており、リアルタイムの 2D または 3D OCT画像を高解像度で提供します。ハードウェア、ソフトウェア共にご要求に応じたカスタマイズが可能です。



## 特徴

- 非接触、非破壊、非侵襲測定
- 最大 30 fps のリアルタイム・イメージング
- 1D、2D、3Dのイメージング機能
- 測定データの連続保存機能
- スキャン角度は自由に設定可能
- OCT の画像データや、生データの入出力
- 画像解析用のソフトウェア（オプション）
- ハードウェア、ソフトウェアの要求に応じたカスタマイズ（オプション）
- SDK (LabVIEW、C++、C#)

型番	波長帯	特徴	使用光源
IVS-1000-VCSEL	1060 nm	Ultra Long Imaging Range	Tunable VCSEL
IVS-2000-HR	1310 nm	High Resolution	HSL-2100
IVS-2000-HS	1310 nm	High Speed	HSL-20
IVS-2000-LC	1310 nm	Long Imaging Range	HSL-20
IVS-2000-ST	1310 nm	Simple & Standard	HSL-2100

# Products

## IVS-1000-VCSEL (Ultra Long Imaging Model at 1060 nm)

### 特徴

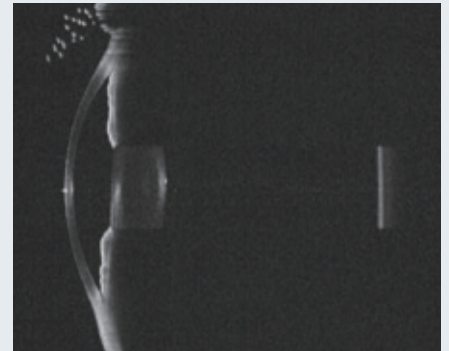
IVS-1000-VCSEL は、イメージングレンジを可変できる特徴を持つ中心波長 1060 nm 帯の SS-OCT システムです。この波長帯では、光が水に吸収されにくく、網膜のイメージングなどの水分を多く含む対象物の測定に適します。また、イメージングレンジが 70 mm 以上と長く、比較的大きな測定物の 3次元形状測定にも適します。スキャンスピードや測定レンジ（深度）が可変できるため、測定物に適した、自由度の高い測定が可能です。

### 主要用途

- 3次元形状測定
- 水浸物のイメージング
- 網膜イメージング
- 眼軸長測定

### 主要特性

- 中心波長：1060 nm
- A-line レート：10 - 400 kHz（選択可能）
- 光軸方向分解能： $<16\mu\text{m}$ （空气中）



## IVS-2000-HR (High Resolution Model at 1310 nm)

### 特徴

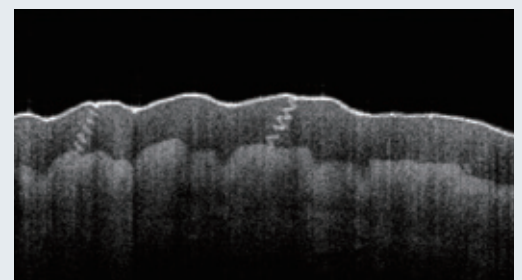
IVS-2000-HR は、高い分解能を持つ中心波長 1310 nm 帯の SS-OCT システムです。この波長帯は、散乱体でも光が深達しやすく、散乱の強い対象物の測定に適します。また、IVS シリーズで最も高い分解能（生体内で  $5\mu\text{m}$  以下）を有し、より高い分解能、高い解像度での測定が可能です。

### 主要用途

- 産業用デバイスの微小構造イメージング、膜厚計測
- 化粧品、医薬品開発のための皮膚イメージング
- がん組織イメージング

### 主要特性

- 中心波長：1310 nm
- A-line レート：20 kHz
- 高軸方向分解能： $<9\mu\text{m}$ （空气中）



## IVS-2000-HS (High Speed Model at 1310 nm)

### 特徴

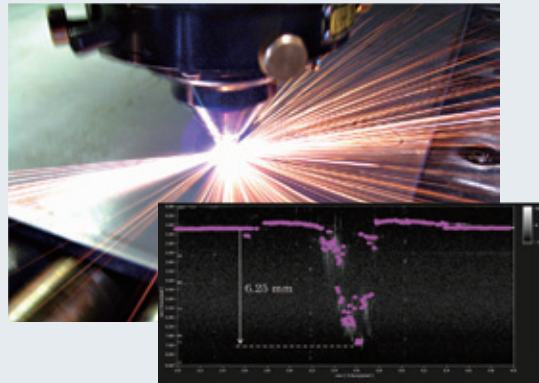
IVS-2000-HS は、高速測定が可能な中心波長 1310 nm 帯の SS-OCT システムです。この波長帯は、散乱体でも光が深達しやすく、散乱の強い対象物の測定に適します。また、高速 (100 kHz) 測定により、インライン検査等での測定時間を短縮できます。

### 主要用途

- 高速計測が求められるインライン検査
- 溶接モニタリング
- 冠動脈、内視鏡イメージング

### 主要特性

- 中心波長 : 1310 nm
- A-line レート : 100 kHz
- 高軸方向分解能 :  $<18 \mu\text{m}$  (空气中)



## IVS-2000-LC (Long Imaging Range Model at 1310 nm)

### 特徴

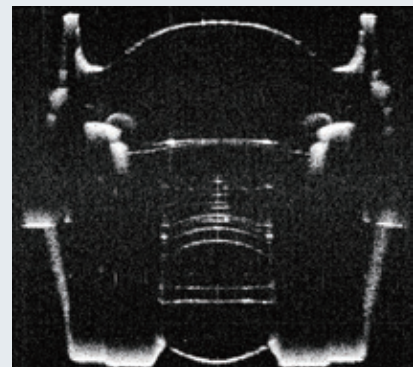
IVS-2000-LC は、深いイメージングレンジを持つ中心波長 1310 nm 帯の SS-OCT システムです。この波長帯は、散乱体でも光が深達しやすく、散乱の強い対象物の測定に適します。また、深いイメージングレンジ (空气中で 18 mm 以上) により、高低差のある測定物も一括で 3次元測定をする事が可能です。

### 主要用途

- 深い測定レンジが求められるデバイス計測
- 歯、前眼部イメージング

### 主要特性

- 中心波長 : 1310 nm
- A-line レート : 50 kHz
- 高軸方向分解能 :  $<18 \mu\text{m}$  (空气中)



## IVS-2000-ST (Standard Model at 1310 nm)

### 特徴

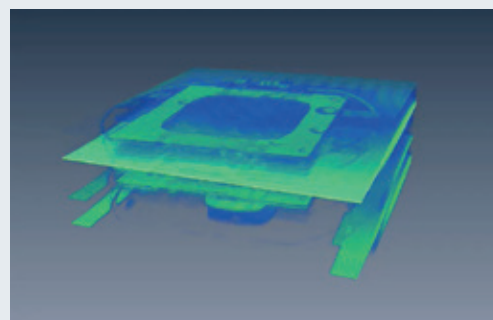
IVS-2000-ST は、高い繰り返し精度を持つ中心波長 1310 nm 帯の SS-OCT システムです。この波長帯は、散乱体でも光が深達しやすく、散乱の強い対象物の測定に適します。また、測定の繰り返し精度が高く、コストも低く抑えられることから、インライン測定でも多く使われています。

### 主要用途

- SS-OCT 入門機・高精度インライン検査
- ウエハー厚さ、形状計測

### 主要特性

- 中心波長：1310 nm
- A-line レート：20 kHz
- 高軸方向分解能：<math><18 \mu\text{m}</math> (空気中)



## SS-OCT 用光源

当社は、SS-OCT用の波長掃引光源 High-speed Scanning Laser「HSLシリーズ」を2005年に販売開始以後、170 nm以上という広帯域な波長掃引幅、200 kHz以上という高速な波長掃引速度、100 mm以上の測定深度を実現する光源を、次々と製品化し、OCT技術の発展をリードして参りました。これらの製品は、医療用のみならず工業用のOCT、さらには形状計測、分光計測、ファイバーセンシングなど多くの分野で応用が拡大しております。製品の性能、品質、そして充実した技術サポートで、OCTのキーデバイスの供給元としてお客様から信頼できるパートナーと認められていると共に、IEC 60601 や CEマークといった医療規格にも対応しており、世界各国で医療診断器として認可されているOCTにも当社の製品が使われています。



型番	波長帯 (nm)	特徴	使用光源
HSL-1	1060 nm	Flexible Scan Rate & Range Long Coherence Length	Tunable VCSEL
HSL-10	1060 nm	High Scan Rate	MEMS External Cavity
HSL-20	1310 nm	High Scan Rate / Wide Scan Range	MEMS External Cavity
HSL-2100	1310 nm	Linear Scan / Wide Scan Range	Polygon External Cavity



# Products

## HSL-1 (Flexible Speed & Range Model at 1060 nm)



Tunable VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) HSL-1 は、santec 独自の MEMS 技術と VCSEL 技術を融合したシングルモード高速波長掃引型レーザーです。電流注入型の VCSEL を用いる事で、シンプルな構成とし、優れた量産性、高い信頼性、高寿命、低消費電力を実現しております。SS-OCT では光源のコストが課題と言われておりますが、HSL-1 は、半導体プロセスで製造され、シンプルな構成である事から、量産時のコストが低く抑えられます。また性能面でもシングルモードレーザーのために、長いコヒーレンス長、高速スキャン、ノイズフリー、更には掃引速度や帯域を可変出来るなど、SS-OCT にとっては理想的な光源です。

### 特徴

- 高速スキャン
- 1060 nm の波長帯・長いコヒーレンス長
- シングルモードレーザー、ノイズフリー
- 可変掃引速度、可変帯域
- 高い量産性
- OEM パッケージ / カスタム可能
- USB インターフェース

### 用途

- 網膜イメージング
- 水浸物のイメージング

### 主要特性

- 中心波長：1060 nm
- 最大出力パワー： $\geq 60$  mW
- スキャンレンジ： $\geq 75$  nm (実力値)
- スキャンレート：10 - 400 kHz (選択可能)
- コヒーレンス長： $> 100$  m (理論値)



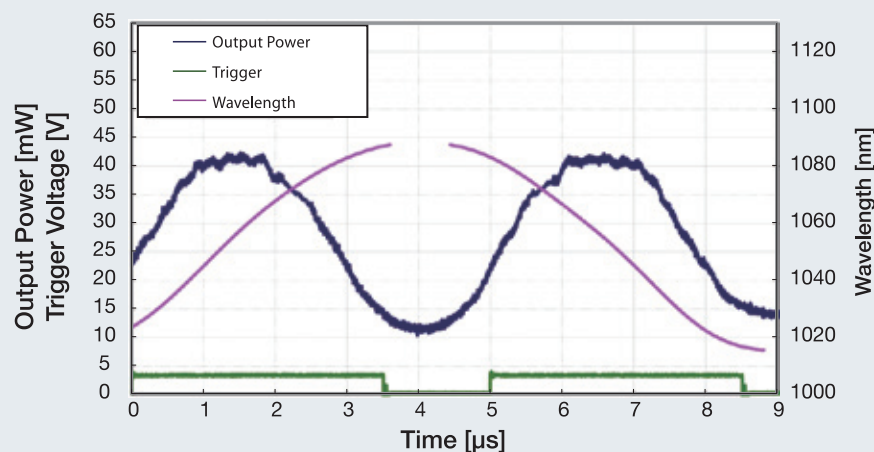
Tunable VCSEL チップ



Bench Top Model



OEM Model



## HSL-10 (High Speed Model at 1060 nm)

HSL-10 は、MEMS 技術を用いる事で従来技術よりも小型で、高速スキャンが可能な 1060 nm 帯の光源です。この波長帯は光が水に吸収されにくく、網膜のイメージングなど、水分を多く含む対象物の測定に適します。santec の独自設計により 100 kHz の安定した高速スキャンが可能で、システムと同期するためのスタートトリガーと等周波数間隔でデータをサンプリングするための K-トリガーを内蔵しております。

### 特徴

- 1060 nm の波長帯・santec 独自の MEMS 技術
- 広帯域&長いコヒーレンス長
- K-トリガー内蔵
- 一方向のスキャン
- OEM パッケージ / カスタム可能
- USB インターフェース

### 用途

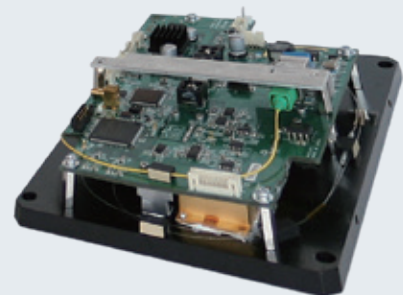
- 眼底イメージング

### 主要特性

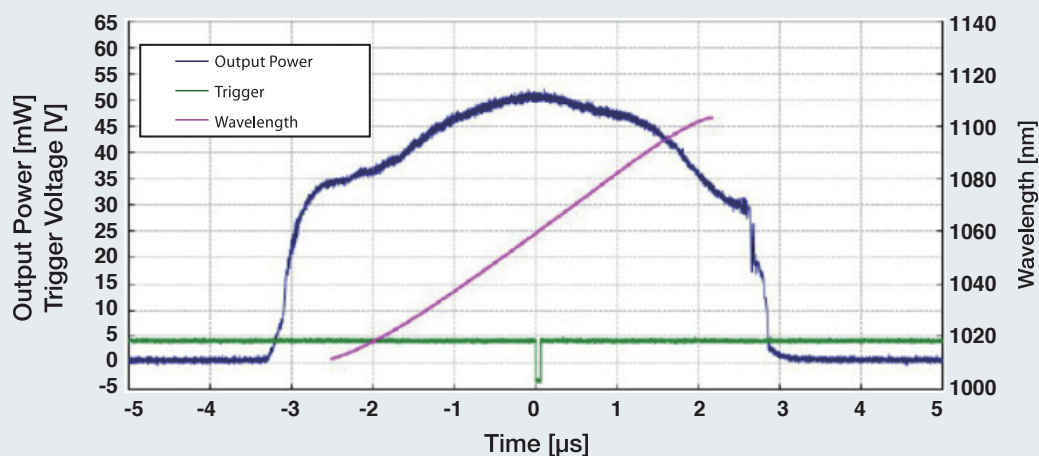
- 中心波長：1060 nm
- 最大出力パワー： $\geq 40$  mW
- スキャンレンジ： $\geq 90$  nm
- スキャンスピード：100 kHz
- コヒーレンス長： $\geq 10$  mm (実力値)



Bench Top Model



OEM Model



## HSL-20 (High Speed / Long Imaging Range Model at 1310 nm)

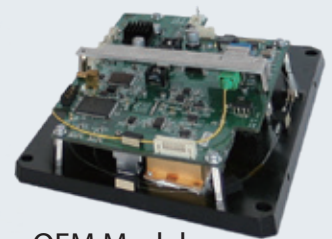
HSL-20 は、MEMS 技術を用いる事で従来技術よりも小型で、高速スキャンが可能な 1310 nm 帯の光源です。この波長帯は、散乱体でも光が深達しやすく、生体組織など散乱体の対象物の測定に適します。santec の独自設計により 100 kHz の安定した高速スキャンが可能で、システムと同期するためのスタートトリガーと等周波数間隔でデータをサンプリングするための K-トリガーを内蔵しております。

### 特徴

- 1310 nm の波長帯
- santec 独自の MEMS 技術
- 広帯域&長いコヒーレンス長
- K-トリガー内蔵
- 一方向のスキャン
- OEM パッケージ / カスタム可能
- USB インターフェース



Bench Top Model



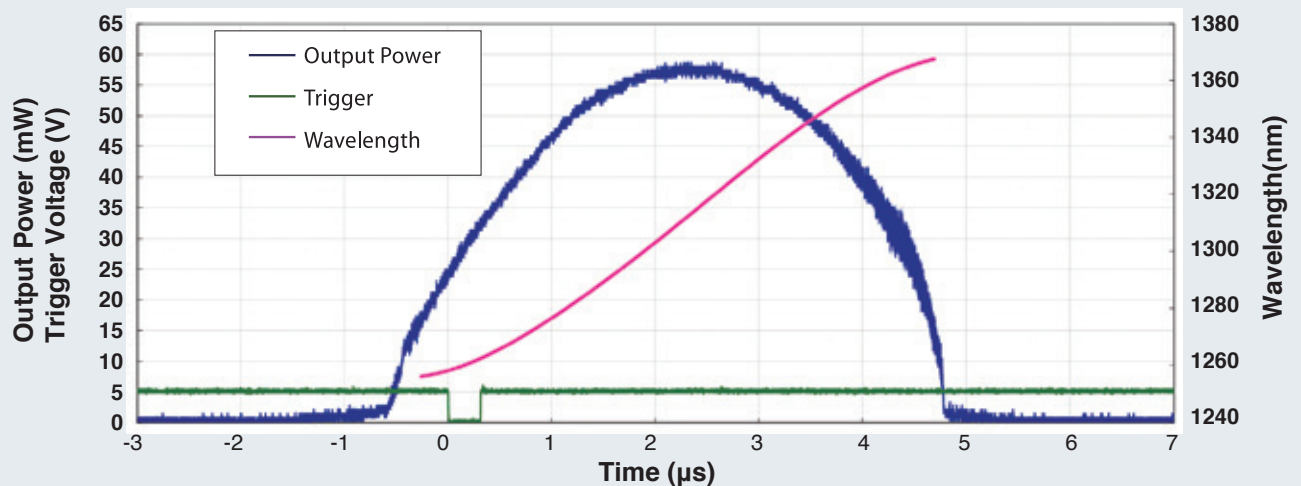
OEM Model

### 用途

- 歯、前眼部、冠動脈、内視鏡イメージング
- 溶接モニタリング
- 高速計測が求められるインライン検査
- 深いイメージングレンジが求められる計測

### 主要特性

- 中心波長：1310 nm
- 最大出力パワー： $\geq 40$  mW
- スキャンレンジ： $\geq 105$  nm
- スキャンスピード：50 kHz / 100 kHz
- コヒーレンス長： $\geq 20$  mm /  $\geq 16$  mm (実力値)



## HSL-2100 (High Accuracy Model at 1310 nm)

HSLシリーズのベストセラー製品であるHSL-2100シリーズは、ポリゴンスキャナを用いた構成です。この光源の特徴は高い再現性と線形性で、データ取得にK-トリガーを必要としないため、システム全体をシンプルに構成する事が可能です。それによりSS-OCTシステムとしての高い信頼性、低コストを実現、産業用のインライン検査などに幅広く使われています。

### 特徴

- 1310 nm の波長帯
- 広い波長可変範囲 (170 nm)
- 高い波長掃引線形性、再現性
- 一般的なデータ収録カードが使用可能
- OEM パッケージ / カスタム対応可能

### 用途

- 高精度インライン検査
- ウエハー厚さ、形状計測
- 高分解能イメージング
- 低価格 SS-OCT

### 主要特性

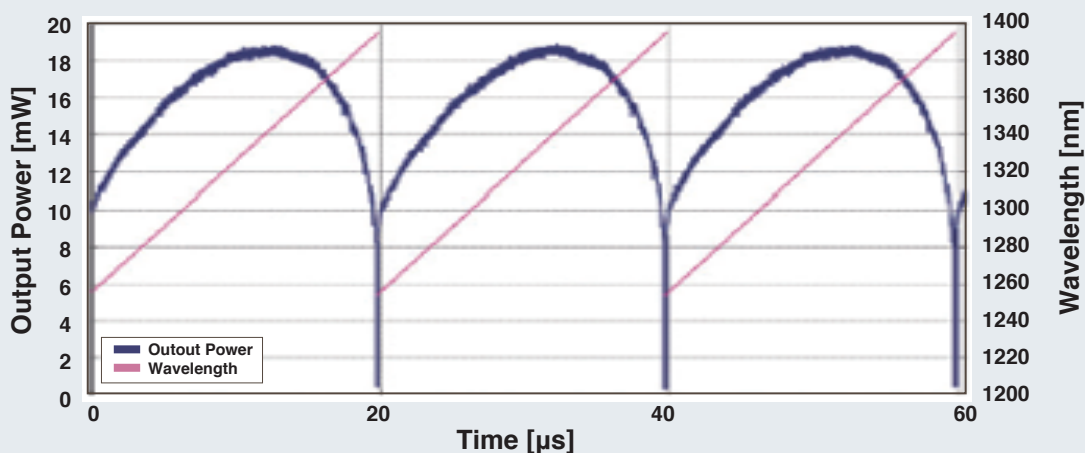
- 中心波長 : 1310 nm
- 最大出力パワー : >20 mW
- スキャンスピード : 20 kHz
- スキャンレンジ :  $\geq 170$  nm
- コヒーレンス長 :  $\geq 6$  mm (実力値)



Bench Top Model



OEM Model





# Specifications of Swept Source

Parameter		Unit	HSL-1	HSL-2100	
				Standard	Wide Range
Wavelength Scan *1	Center Wavelength	nm	1045 - 1075	1315 - 1340	1290 - 1320
	Scan Range	nm	$\geq 70$	$\geq 110$	$\geq 170$
Output Power	Peak	mW	$\geq 60$	$> 20$	$> 20$
Scan Rate		kHz	10 - 400	20	20
Coherence Length*2		-	$> 100$ m	$\geq 6$ mm	$\geq 5$ mm
Duty Cycle		%	$> 45$	$> 65$	$> 60$
Trigger		-	Integrated Start Trigger		
Output Optical Fiber		-	SMF		
Output Optical Connector		-	SC connector Angled PC		
Operation Environment	Temperature	°C	15 - 35		
	Humidity	%	$< 80$ , no condensation		
Electric Power		-	DC +12 V $\pm 5\%$	AC 100 V - 240 V $\pm 10\%$ , 50/60 Hz	
Power Consumption		VA	15	80	
Size (W) x (D) x (H)		mm	134 x 184 x 51	343 x 376 x 153	
Weight		kg	1.5	10	

Parameter		Unit	HSL-10	HSL-20	
				Long Coherence	Hi-Speed
Wavelength Scan *1	Center Wavelength	nm	1040 - 1070	1280 - 1340	1280 - 1340
	Scan Range	nm	$\geq 90$	$\geq 105$	$\geq 105$
Output Power	Peak	mW	$\geq 40$	$\geq 40$	$\geq 40$
Scan Rate		kHz	100	50	100
Coherence Length*2		mm	$\geq 10$	$\geq 20$	$\geq 16$
Duty Cycle		%	$\geq 45$	$\geq 45$	$\geq 45$
Trigger		-	Integrated Start Trigger and K-trigger		
Output Optical Fiber		-	SMF		
Output Optical Connector		-	SC connector Angled PC		
Operation Environment	Temperature	°C	15 - 35		
	Humidity	%	$< 80$ , no condensation		
Electric Power		-	DC 12 V $\pm 5\%$		
Power Consumption		VA	20		
Size (W) x (D) x (H)		mm	150 x 226 x 67		
Weight		kg	2		

\*1 : -10 dB bandwidth

\*2 : Round trip path length @-6 dB signal drop Ex) 10 mm coherence length = 5 mm depth @-6 dB down signal drop in OCT image

## SS-OCT 用部品 & ソフトウェア

santecの光学機器の生産技術は極めて高い品質、信頼性を要求される通信用デバイスで培われてきました。SS-OCTおよびセンシング用の製品も同様の品質でご提供しています。また、OCTでは画像の見せ方や解析も重要な要素になります。そのOCTに適したユーザーインターフェースの提供と共に、SDK (Software Development Kit) およびサンプルプログラムもご用意しておりますので、お客様ご自身でのソフトウェア開発も可能です。さらに形状測定や欠陥検出、AIアルゴリズムを用いた精度向上など、特殊なソフトウェアの受託開発にも対応しております。

## Products

### BPD-200 (OCT Grade Balanced Photo Detector)

BPD-200 は、2つのフォトディテクタをもち、この2つの差分を出力します。これによりレーザーのパワー変動などのコモンモードノイズを大幅に抑圧できます。さらに位相が異なる信号の場合は、信号が増幅されて出力されるというメリットもあります。従って微弱な信号も高感度に検出でき、OCT等のヘテロダイン干渉測定に最適です。さらにBPD-200はSS-OCTで問題になるディテクタの波長依存性によるアーチファクトの問題を大幅に軽減しており、SS-OCTに最適なディテクタです。

#### 特徴

- 高信頼性、高利得、低雑音
- ディテクタ間のバランスが取れたゲイン特性
- アーチファクトを抑える専用設計
- OEM パッケージ / カスタム対応可能

#### 用途

- Swept Source OCT
- ヘテロダイン計測
- OFDR (Optical Frequency Domain Reflectometry)

#### 主要特性

- 波長範囲 : 950 nm – 1600 nm
- 応答周波数 : 80 MHz / 200 MHz / 400 MHz
- 最大入力パワー : 20 mW (80 & 200 MHz)、10 mW (400 MHz)



## HAD-5200B-S (Flexible SS-OCT DAQ Board)

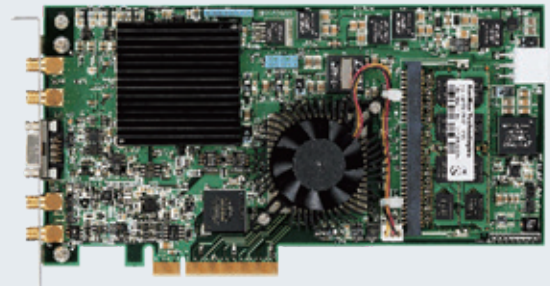
HAD-5200B-S は、高速 A/D 変換ボードです。  
HSL シリーズの光源を使用した SS-OCT システム用に FPGA 処理をカスタマイズしており、優れた OCT システムを構築可能です。

### 特徴

- 高速 ADC (12 bit/1GSps サンプルング)
- 光源の特性に関わらず、最大限の測定レンジを提供するリアルタイムリサンプリング処理を実装
- 高速、大容量 FPGA による FFT, FIR フィルタ、分散補償のリアルタイム処理
- 高信頼性、高利得、高線形性
- OEM パッケージ / カスタム対応可能

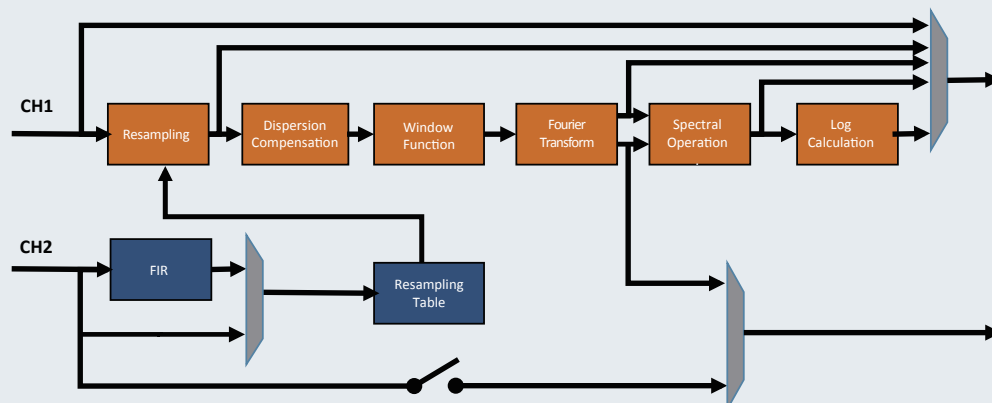
### 用途

- Swept Source OCT
- ヘテロダイン計測
- OFDR (Optical Frequency Domain Reflectometry)



### 主要特性

- 入力 : Single-end 2ch
- サンプルングレート : 1 GS/s
- 分解能 : 12 bit
- トリガー : External trigger / Analog trigger / Software trigger
- 電圧出力 : +/- 4 V 16 bit 2ch
- システムバス : PCI Express 2.0 (Gen2) 5.0 GT/s x8



## IFM-100/200 (OCT Grade Interferometer Module)

IFM-100/200 は、マッハツェンダー干渉計の OEM モジュールです。可視光やディレイラインを内蔵し、外部制御することも可能です。当社が通信用に製品化している部品を内部に使用しており、通信部品メーカーならではの高品質と低コストを実現しております。仕様はご要望に合わせて設定が可能です。

### 特徴

- 小型、高信頼性
- 可視光、電動ディレイライン、可変光減衰器を内蔵
- OEM パッケージ / カスタム対応可能

### 用途

- Swept Source OCT 用干渉計
- ヘテロダイン計測
- OFDR (Optical Frequency Domain Reflectometry)



## Handheld Probes (OCT Probes)

SS-OCT システムには標準で装備されておりますが、単体でもご提供が可能です。ハンドヘルドプローブとしてお使い頂けると同時に、顕微鏡台もオプションでご用意しております。顕微鏡台には CCD カメラを付けることもでき、測定エリア確認も容易となります。

### 特徴

- 小型、軽量
- 2D/3D イメージング



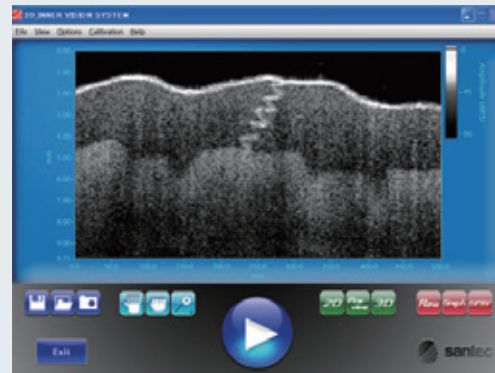


## Inner Vision Software (Main Software of IVS Series)

Inner Vision Software は、IVS のメインソフトです。2D、3D、プレビューモード、Raw Data の抽出、A-Line データの解析など多くの機能を持っています。IVS-2000 を購入されたお客様には、オプションで SDK (Software Development Kit) をご提供できる他、IVS-2000 を購入していないお客様でも、サンプルプログラムをご提供できます。

### 機能

- 2D、3D データ取得、表示
- 2D データの平均化処理
- 最大強度検出
- 屈折率変換によるスケール表示
- 一定間隔測定による経時変化観察
- 画像保存、データ出力
- 2 点間距離計測

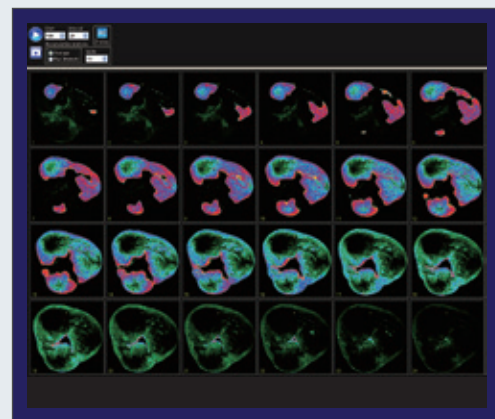


## Multi Slice Viewer (3D OCT Image Analysis Software)

Multi Slice Viewer は、OCT で測定した 3 次元データを解析するソフトウェアです。本ソフトウェアによって、XYZ3 平面の同時解析が可能で、特徴箇所の 3 次元的の断層画像を表示・解析することができます。

### 機能

- 2D スライスデータの 3 面同時表示
- 3 面表示位置を任意に指定可能
- 任意の 2D スライスデータの平均化処理および表示
- 任意の 2D スライスデータの最大強度抽出および表示
- 屈折率換算によるスケール表示
- 解析画像保存 (BMP, JPG, PNG)
- 2 点間距離計測機能



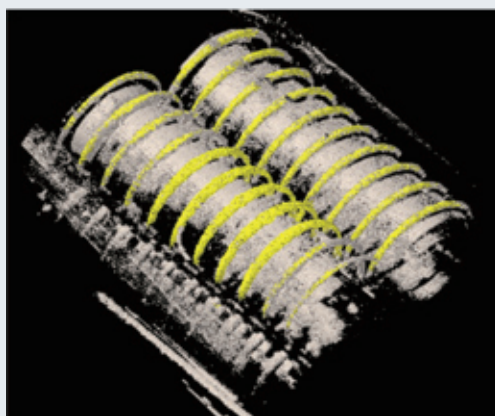
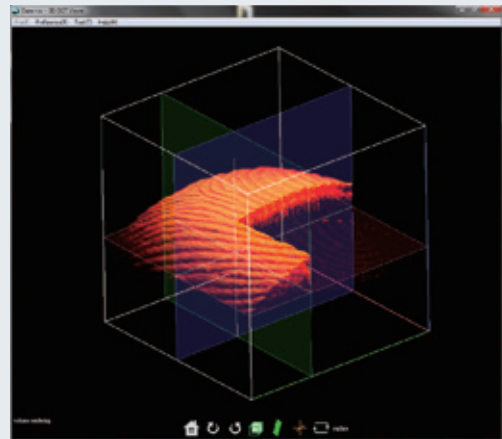
## OCT Viewer (3D OCT Image Viewer)



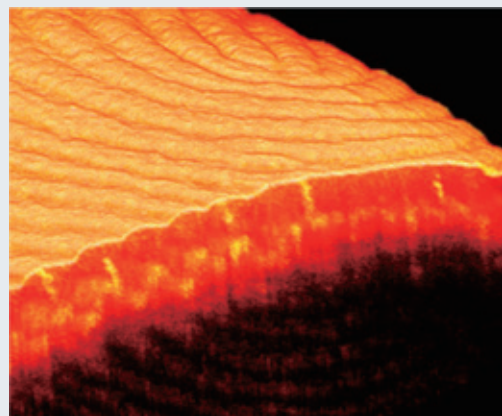
OCT 3D Viewer は、OCT で測定したデータを 3 次元的に表示するソフトウェアです。このソフトウェアは当社の SS-OCT システム「IVS シリーズ」のオプションとしてお使い頂けます。操作は非常に簡単です。3 次元的に表示するだけでなく、回転させたり任意の断面を見ることも可能です。さらに画像を鮮明にするフィルタ機能や、範囲を限定・分割して表示する（セグメンテーション）機能も備えています。OCT の画像を第三者により分かりやすくアピールできるアニメーション（動画）の作成も可能です。

### 機能

- ・ズームイン / アウト
- ・移動
- ・断面追加
- ・トリミング
- ・回転（X、Y、Z 軸）
- ・レベリング
- ・セグメンテーション \*1
- ・コントラスト、透過率、レンダリング
- ・ヒストグラム
- ・出力：BMP 画像、AVI 動画



ボールペン（バネ部分） \*1



汗腺

# OCT Engine

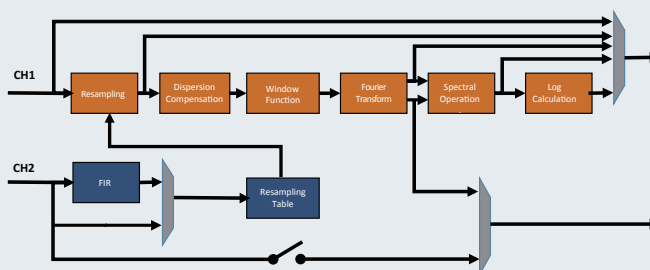
## Solutions for OCT measurement



santec の OCT Engine は、High-Speed Scanning Laser (HSL) シリーズ、バランスドフォトディテクタ BPD-200 と高速 A/D 変換ボード HAD-5200B-S で構成されています。それぞれのデバイスの特徴を最適に活かせるように組み合わせられています。ご購入後にすぐにお客様のシステムへ導入できるよう、ソフトウェア開発キット (SDK) をご用意しており、世界最高級の性能を容易にお使い頂くことが可能です。

### 特徴

- 1060 nm、もしくは 1310 nm の中心波長
- 高感度、低ノイズのリアルタイムイメージング
- ソフトウェア開発キット LabVIEW & C++/#
- リアルタイムの再サンプリングおよび分散補償によるイメージの最適化
- Galvo/MEMS スキャナーのコントロールため 2-ch アナログ出力 (+/- 4 V, 16-bit)



Parameter	Unit	Specification			
		HSL-1	HSL-10	HSL-20-50	HSL-20-100
Center Wavelength	nm	1045 - 1075	1040 - 1070	1280 - 1340	1280 - 1340
Axial Resolution (in air)	μm	<16	<18	<18	<18
Imaging Depth Range (in air)	mm	>70(@10 kHz)	>10	>20	>10
A-line Rate	kHz	10 - 400 +/- 0.1	100 +/- 0.1	50 +/- 0.1	100 +/- 0.1
Peak Output Power	mW	≥60	≥40		
Optical Fiber Type	-	SMF			
OS	-	Windows 10 (64 bit)			
System Bus	-	PCI Express 2.0 (Gen2) 5.0 GT/s x8			

\*Please note, these specifications are subject to change. Please contact us for the details.

NEW

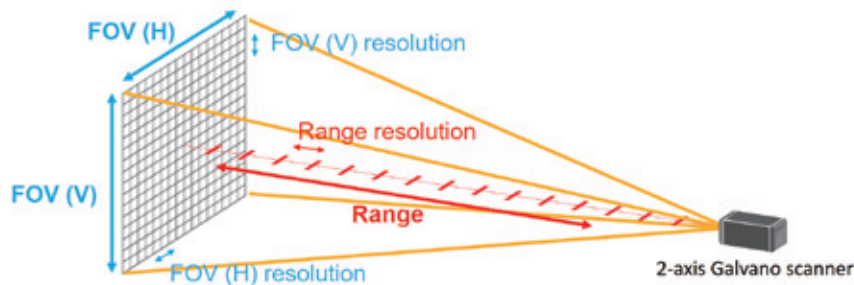
# Inner Vision LiDAR

## Beyond OCT Imaging

santec の「Inner Vision LiDAR」は、長年培ってきた OCT（光断層撮影）イメージング技術と、高速スキャンレーザー光源を組み合わせることにより、OCT イメージングのみならず、LiDAR(Light Detection and Ranging) 測定をも、1 台で可能にした装置です。OCT 装置として、生体や試料のミクロな内部構造を非破壊で観察できるだけでなく、LiDAR 装置として、周囲の環境や物体のマクロな形状を測定できる、ハイブリッドなイメージング機能を有します。そのため、OCT が活躍する医療、生物学や産業応用のみならず、LiDAR が得意とする 3D マッピングやロボティクス、物体検知や自動車応用に至るまで、幅広くご利用いただける装置です。



## 仕様



Inner Vision LiDAR	Unit	Specification (Typical)		
Center Wavelength	nm	1060±15		
Detection Range	m	>1	>5	>200*
Range Resolution	mm	>0.06	>0.3	>12
Scan Rate (per point)	kHz	>50	>10	>1
Output Power	mW	>5		
Field-of-View (FOV) (maximum)	-	> 20 (H) x 20 (V) (variable)		
Lines (maximum)	-	> 1000 (H) x 1000 (V) (variable)		
FOV Resolution	-	≥ FOV/Lines		
Frame Rate	Hz	≤ $\frac{\text{Scan Rate}}{\text{H Lines} \times \text{V Lines}}$		
Data Sampling Rate	GS/s	1		
Data Output Style	-	3D Point Cloud (X,Y,Z), Density (OCT Data)		

\*Coming soon

\*Please note, these specifications are subject to change. Please contact to us for the details.



## 特徴

### FMCW 検出方式

- santec の波長掃引 OCT(SS-OCT) 技術を適用することにより、LiDAR において高い技術が必要とされる FMCW(Frequency-Modulated Continuous Wave) と呼ばれるコヒーレントな光検出方式を可能にしました。
- FMCW 方式は、LiDAR で一般的なパルスを用いる TOF (Time-of-Flight) 方式に比べ、より感度が高く、より遠くまで検知することができます。また、光パワーも一定で済むため、低強度で安全性にも優れています。太陽光など周囲環境からの光や、他の LiDAR センサーからの光の影響を受けないため、自動運転応用などで注目を集めています。

### 波長掃引光源(Tunable VCSEL)

- 光源には波長可変な VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) である santec の HSL-1 を用いています。
- HSL-1 はシングルモード発振でコヒーレンス長が長く、またスキャン速度も可変で低ノイズな波長掃引光源となっており、これによりミクロからマクロに至るまでの幅広いスケールでの測定が可能となっています。

### デュアルモード (FMCW LiDAR & SS-OCT)

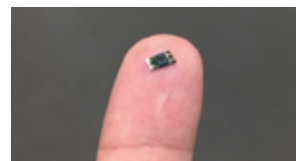
「Inner Vision LiDAR」では、FMCW LiDAR 測定データとして 3D point cloud ((X,Y,Z) の座標データ) または 3 次元 LiDAR 画像、そして OCT 測定データとして 2 次元断層画像データのセットまたは 3 次元 OCT 画像を、全て 1 台で測定し、データとして出力することができます。



Bench Top Model



OEM Model



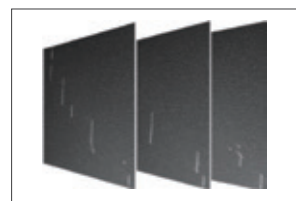
Tunable VCSEL Chip



Camera Image



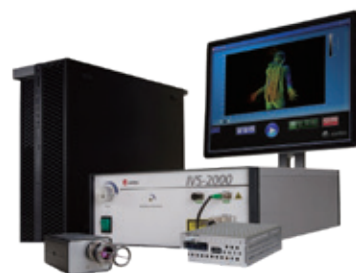
LiDAR Data (depth map)



OCT Data (density plots)

### カスタマイズ可能

研究用途、製品化のための基礎検討、インライン検査用途など、様々な応用で柔軟に対応いたします。「Inner Vision LiDAR」は、波長掃引光源を始め自社開発の最先端コンポーネントから構成されており、ハードウェア、ソフトウェアともに、ご要望に合わせてカスタマイズできます。



## 応用

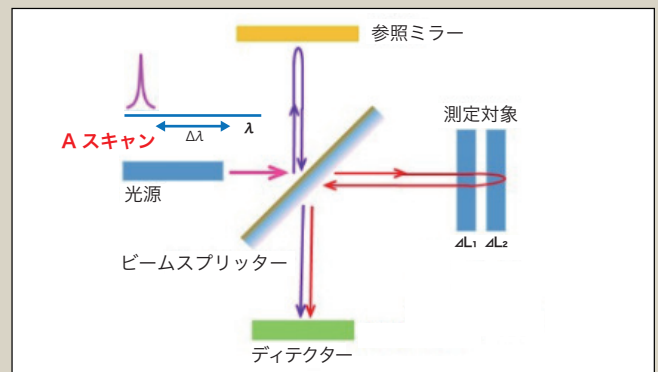
- 産業用非破壊・非侵襲検査
- 自動運転・交通応用
- 工業オートメーション化、ロボティクス
- 3D マッピング、3D モデリング
- 物体検知・追跡
- スマートシティ、IoT
- セキュリティ、モニタリング
- 生物学・医療用イメージング



# Background of Swept Source-OCT

光コヒーレンストモグラフィ (OCT) は、非侵襲な光学的画像計測方式であり、1次元の深さ方向、2次元の断面画像および3次元の体積画像を $\mu\text{m}$ レベルの分解能で数mmの深さにわたり、リアルタイムで測定することができます。OCTは異なる物質の層より反射した光を用いて、サンプル内の構造を画像化します。OCTイメージングは、超音波測定と類似する点がありますが、測定深度が若干浅くなる代わりに、非常に高い分解能が得られることが特長です。最大深さ数 10 mm、軸方向分解能 5  $\mu\text{m}$ 以上での画像化が可能なることにより、OCTは「超音波」測定と「共焦点顕微鏡」による測定とのちょうど中間の測定装置として位置づけられます。現在では高速、高感度で測定可能なフーリエドメイン光コヒーレンストモグラフィ (FD-OCT) が主流となっております。FD-OCTは光源のコヒーレントな性質を利用してサンプル中での光路長の遅れを測定する、低コヒーレンス干渉法に基づいています。OCTでは $\mu\text{m}$ レベルの分解能で断面画像を得るために、干渉計はサンプルから反射された光と参照アームとの光路長の差を測るよう設定されています。図1が示すように、光はマイケルソン干渉計のサンプルアームと参照アームに分けられます。サンプル中の屈折率の変化により引き起こされる反射光は、サンプルアーム光路のファイバ内へ再入射され、一定の光路差を伝送されて参照アーム中を戻ってきた光と結合されます。その結果得られるインターフェログラム(干渉縞)は干渉計の検出アームを通して測定されます。光検出器によって測定されたインターフェログラムの周波数は、サンプル中での反射体の位置の深さに関係します。その結果、深さ(1次元)方向の反射率プロファイル (A-スキャン) は、測定されたインターフェログラムをフーリエ変

換することで得られます。2次元断面画像 (B-スキャン) は、OCTサンプルへの照射光線を走査させることによって作成されます。サンプルアームの光線はサンプル中を走査するので、一連のA-スキャン情報を重ねることで2次元画像が作成できます。同様に、OCTの光源が直行する方向に走査されると、2次元画像の集合により3次元体積データセットを構成することができます。FD-OCTでは2次元画像はミリ秒単位で測定され、3次元画像は現在では、1秒未満のレートで測定されます。当社のOCTはFD-OCTの中でも最先端技術の高速波長掃引光源を用いた方式 (SS-OCT) を用いており、高速、高感度、長い測定レンジを有します。SS-OCTでは、高速でインターフェログラムを得るために、高速周波数掃引光源とフォトディテクタを使用しています。インターフェログラムは光周波数の関数として検出されます。参照アーム内の光遅延は固定されているため、サンプルの異なる深さからの反射光は、異なる周波数成分を持つ干渉縞を作り出します。次にフーリエ変換で異なる深さからの信号を分離することにより、サンプル深さ方向プロファイルを生成します (A-スキャン)。

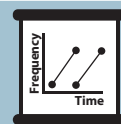


## イメージング速度

単一の深さプロファイル (強度 vs 深度) は A スキャンと呼ばれています。2次元断面画像は、横方向に OCT ビームを走査し、連続的に A スキャンを収集することによって形成されます (B スキャン)。B スキャンにかかる速度は、A スキャンに依存します。A スキャンレートと感度は、連動している光学パラメータです。A スキャンレートが高くなると感度は低下します。実際には、OCT システムの A スキャンの速度が速いほど高速

測定が可能となり、感度が高いほど高コントラストの画像を取得できます。一般的には A スキャンレートと感度の間にはトレードオフの関係となります。当社の OCT では最速 400 kHz の A スキャンレートを得られるモデルがあります。

100 kHz @1310 nm IVS-2000-HS  
400 kHz @1060 nm IVS-1000-VCSEL



Swept rate  $\leftrightarrow$  Imaging speed

$$Fr = f_{swept} / N_A$$

$f_s$ : Swept rate


$N_A$ : A-lines/frame

## 測定深度

OCT システムの測定深度は、基本的に測定対象の光の吸収と散乱により制限を受けます。さらに FD-OCT の場合にはナイキスト定理による測定データ数によっても制限され、測定データ間隔が短いほどより長い（深い）測定深度が得られます。測定データ間隔はデータ取得側のスピードと、光源のスピードによって決まります。一方で光源の可干渉性（コヒーレンス長）によって、測定距離（深度）が長いほど信号強度が低下していき

測定深さレンジ ≥18 mm @1310 nm IVS-2000-LC  
測定深さレンジ ≥70 mm @1060 nm IVS-1000-VCSEL

ます。コヒーレンス長の定義は干渉縞の振幅が半分（点像関数では -6 dB）になる距離で、OCT の場合は測定物から反射してくる光を検出するため、深さで換算するとその半分となります。つまりコヒーレンス長の半分の深さで点像関数の強度が 6 dB 低下する事を意味します。当社の OCT では、最大で 70 mm 以上の測定深さレンジを得られるモデルがあります。



Coherence length ↔ Depth range

$$cl = \Delta L \times 2 = \frac{2 \ln 2}{\pi} \frac{\lambda_o^2}{\Delta\lambda} \text{ Linewidth}$$

## 軸方向分解能

OCT では、軸方向（深さ）分解能は異なる要因に依存し、イメージング深度とは反比例します。OCT システムの軸方向分解能は、ベースユニットの設計に大きく左右されます。他にも、試料のプロープに使用する光源の中心波長と帯域幅や、試料の屈折率にも影響を受けます。これらが大きくなると、軸方向分解能は向上します。軸方向分解能はイメージング深度と連動します。どちらかを向上させると、もう一方のパラメータが犠牲になります。当社の OCT システムでは生体内で 5 μm 以下の分解能を得られるシステムも有ります。

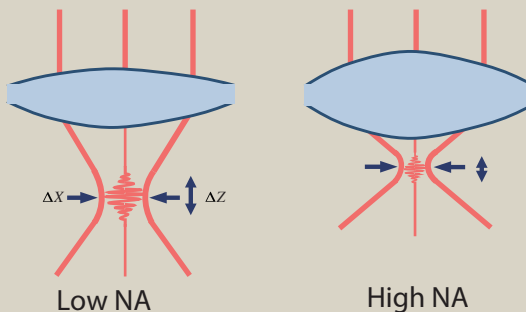
## 横方向分解能

横方向分解能は、プローブのレンズの特性に依存します。横方向分解能と焦点深度はトレードオフの関係にあり、高い横方向分解能が必要な場合は、焦点深度が短くなります。

当社の OCT システム IVS-2000 では、お客様のご要望に応じ、レンズの特性を選定いただけます。

## 波長帯域

OCT で使われる波長帯域は、測定対象物の光の吸収と散乱特性を考慮する必要があります。基本的に水の吸収は波長が長いほど大きくなり、散乱は波長が長いほど小さくなります。例えば、眼底を測定する場合、硝子体による水の吸収を少なくするために、従来は 800 nm 帯の波長が使われています。最近では、より散乱係数が低い 1060 nm 帯の波長を使用して、散乱体である網膜組織での測定深度を向上した診断器も増えています。一方で皮膚や内視鏡応用の場合、水の吸収よりも組織の散乱による測定深度の低下を避けるために、1310 nm 帯の波長が使われています。工業製品も同様で、一般的な工業製品では散乱の影響が大きく、1310 nm 帯の波長が使われています。1310 nm 帯の波長を使うメリットの一つとして、光ファイバ通信で使われている高品質、低価格な部品を使える事があげられます。当社では、1060 nm 帯と 1310 nm 帯の SS-OCT システムをご提供しております。

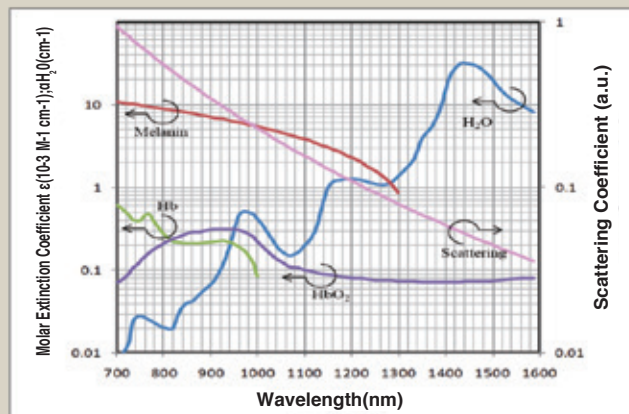


$$\Delta Z = \frac{2 \ln(2)}{\pi} \frac{\lambda c^2}{\Delta \lambda}$$

$$\Delta X = \frac{4 \lambda f}{\pi d}$$

Δz = Axial resolution  
Δλ = Scanning range  
Δx = Lateral resolution  
λc = Center wavelength  
f = Focal length  
d = Beam diameter

1060 nm 帯 IVS-1000-VCSEL  
1310 nm 帯 IVS-2000-HR  
IVS-2000-HS  
IVS-2000-LC  
IVS-2000-ST







## Contact Information

### **santec株式会社**

〒485-0802 愛知県小牧市大草年上坂5823番地 フォトニクスバレー大草キャンパス Tel: 0568-79-3536 Fax: 0568-79-1718

### **SANTEC USA CORPORATION**

433 Hackensack Ave., Hackensack, NJ 07601 USA Toll Free +1-800-726-8321 (santec-1) Tel: +1-201-488-5505 Fax: +1-201-488-7702

### **SANTEC EUROPE LIMITED**

Grand Union Studios, 332 Ladbroke Grove, London W10 5AD, UK Tel: +44-20-3176-1550

### **SANTEC (SHANGHAI) Co., Ltd**

11F Room E, Hua Du Bldg., No.838 Zhangyang Road, Pudong District, Shanghai 200122 China Tel: +86-21-58361261, +86-21-58361262 Fax: +86-21-58361263

2020 © SANTEC CORPORATION Santec reserves the right to make changes to equipment design, components or specifications without notice.