ORCA®-Quest2

qCMOS® カメラ C15550-22UP

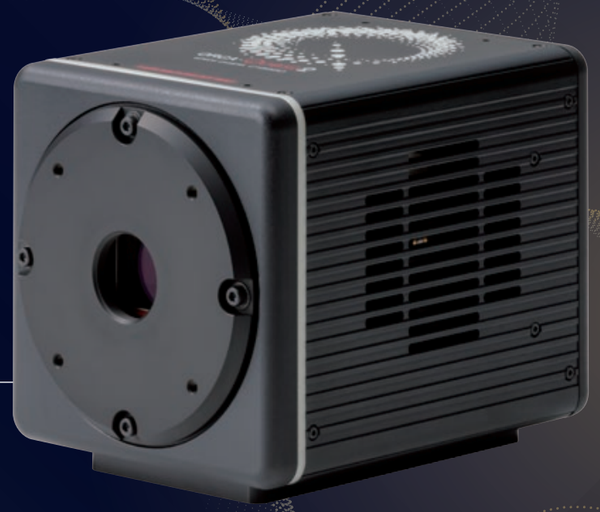
Photon number resolving

HAMAMATSU
PHOTON IS OUR BUSINESS

究極の定量イメージングを実現

究極の定量イメージングを実現したカメラ「ORCA-Quest」が誕生。

浜松ホトニクスは、1980年代から独自のカメラ設計技術を駆使した
高感度・低ノイズなカメラの開発を続け、常に最先端の科学技術研究の発展に
貢献してきました。
―― そして、2021年。浜松ホトニクスは、
その究極ともいえる性能をもったカメラ「ORCA-Quest」をリリースしました。



世界初のqCMOSカメラ
ORCA-Quest

Single photon countingから Photon number resolvingへ

What is qCMOS?

qCMOS (Quantitative CMOS)とは、ひとつの光電子も複数の光電子も検出し、その数を識別する性能を有するCMOSイメージセンサです。
ORCA-Questは世界で初めてqCMOSイメージセンサを搭載し、新たに開発した専用の技術を駆使して光電子数の識別を実現したカメラです。(P8 参照)

高感度カメラの歴史

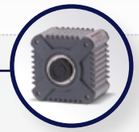
2020年

ORCA-Quest
シリーズ
読み出しノイズ
0.30 electrons

sCMOSカメラ
C11440シリーズ
読み出しノイズ
1.5 electrons

2010年

EM-CCDカメラ
C9100シリーズ



低ノイズ冷却CCDカメラ
C4742シリーズ
読み出しノイズ
8 electrons

2000年

EB-CCDカメラ
C7190シリーズ

高冷却CCDカメラ
C3140、C3640
読み出しノイズ
15 electrons

1990年

ICCDカメラ
C2400シリーズ

低ノイズ型
カメラ
センサ技術の進化により、
極低ノイズ、
高速、高分解能化

PIAS
世界初の
フォトンカウンティング
カメラ

1980年

増倍型カメラ
増倍技術の進化により、
フォトンカウンティング
イメージングから
高量子効率、高分解能化

進化した qCMOS

ORCA-Quest 2

ORCA-Quest からの進化

極めて優れた低ノイズ性能と高速読み出し

0.30 ELECTRONS RMS @ 25 fps*
ULTRA QUIET SCAN

0.43 ELECTRONS RMS @ 120 fps*
STANDARD SCAN

高画素

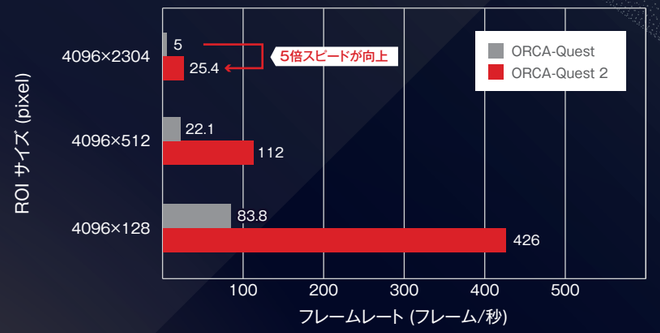
4096 × 2304
9.4 MEGAPIXELS

高量子効率

50 % @300 nm
85 % @460 nm
30 % @900 nm

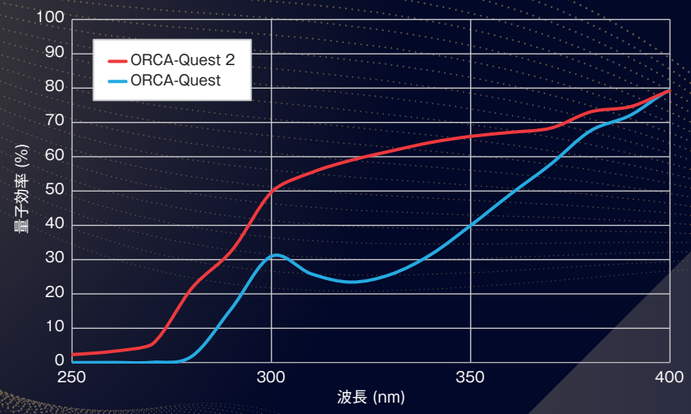
Ultra quiet scanの高速化

ORCA-Questはその極めて優れた低ノイズ性能から、光子数識別を実現するレベルにまで到達しました。
しかし、その性能を得るためにはカメラは比較的遅いスピードで撮像を行う必要があったため、使用可能なユーザーが限定されていました。ORCA-Quest 2ではセンサ駆動を最適化することで、従来と同等のノイズ性能を維持しながら、より高速なフレームレートを実現しています。この性能向上により、ほとんどのユーザーがORCA-Questの極めて優れた低ノイズ性能を活用できるようになりました。



紫外感度向上

ORCA-Questは従来の科学計測用カメラと比べると、280 nm～ 400 nmの紫外波長領域で高い量子効率(QE)をもっていました。
ORCA-Quest 2では、市場のさらなる要望に応える形として、センサ窓のARコーティングを最適化することで、可視、近赤外波長領域のQEを減衰させることなく、さらに高い紫外領域のQEを実現しました。
この紫外感度向上により、イオントラップなどの量子技術といった、多くのアプリケーションでORCA-Questシリーズの汎用性を広げることができます。



Rawデータ出力

デジタル信号から光電子数を推定する、任意のアルゴリズムをユーザーが使用できるように、Rawデータの出力モードを搭載しました。

エッジトリガモードの高速化

新しいエッジトリガモードでは、ローリングシャッタ読み出し中に外部トリガを入力して露光を開始できるようになったため、フレームレートがより高速になりました。

*フル解像度におけるフレームレート

ORCA-Quest 2

究極の微弱光定量イメージングを実現した

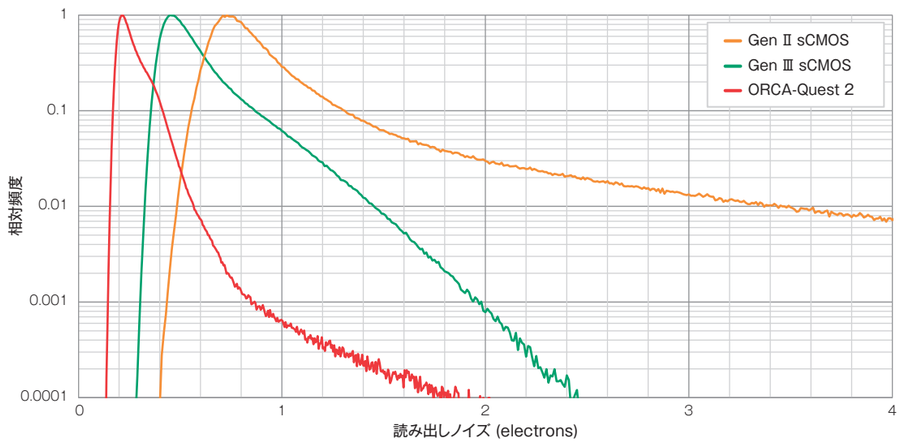
4つのポイント

1. 極めて優れた低ノイズ性能
2. 光子数識別出力の実現
3. 背面照射構造と高分解能の両立
4. 高画素・高速読み出しの実現

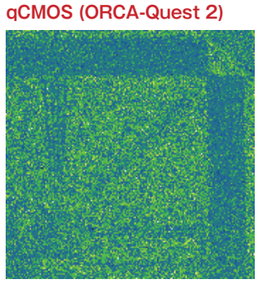
1. 極めて優れた低ノイズ性能

極めて優れた低読み出しノイズ 0.30 electrons rms
Ultra quiet scan時

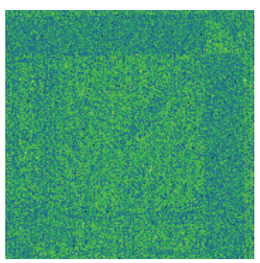
微弱光を高S/Nで検出するために、ORCA-Quest 2では、センサの構造からエレクトロニクスまでのありとあらゆる部分の最適化を図った設計を行いました。さらに最新のCMOSテクノロジーを使用したカスタムセンサを開発することにより、0.30 electrons rms という極めて優れた低ノイズ性能を実現することができました。



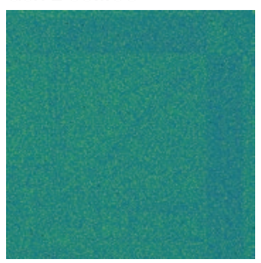
qCMOS (ORCA-Quest 2)



Gen Ⅲ sCMOS



Gen Ⅱ sCMOS

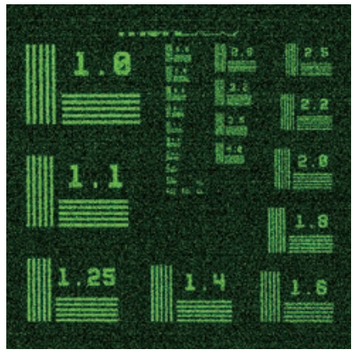


ピクセルあたり平均1フォトン入射画像（疑似カラー表示）の比較
露光時間：200 ms　表示レンジ：最小 ～ 最大カウント値　比較範囲：512 pixels × 512 pixels

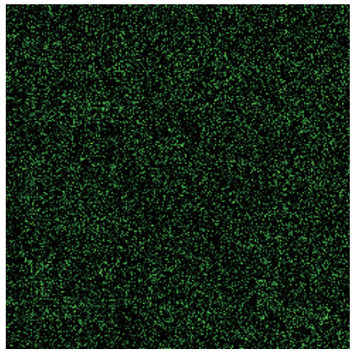
低暗電流 0.006 electrons/pixel/s
−35 ℃時

単一光子検出や光子数識別の分野では、0.5 electrons/pixel/s程度の暗電流でも光子検出に影響がでます。
ORCA-Quest 2が実現している0.006 electrons/pixel/s @−35 ℃とは、1秒間の露光をした際に、約167画素のうちに発生する暗電流が確率論的にわずか1 electronsという極めて低い値です。
このように、暗電流の影響が少ないORCA-Quest 2は定量イメージング・分析に最適です。

ORCA-Quest 2



Gen Ⅱ sCMOSカメラ



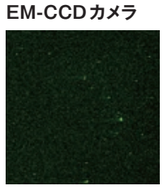
長時間露光時の画質比較（疑似カラー）
入射光量：0.05 photons/pixel/s　露光時間：15 min (10 s × 90回積算)

長時間露光時の宇宙線影響について

長時間露光を行う場合、従来のEM-CCDカメラでは宇宙線の影響を受けやすく、それによる白点が問題になっていました。
ORCA-Quest 2では宇宙線の影響を受けにくく、白点による画質の低下が少ない長時間露光画像を取得することができます。

ORCA-Quest 2

EM-CCDカメラ



長時間露光時の画質比較（疑似カラー）
入射光なし　露光時間：30 min

2. 光子数識別出力の実現

低読み出しノイズにより光子数識別を実現

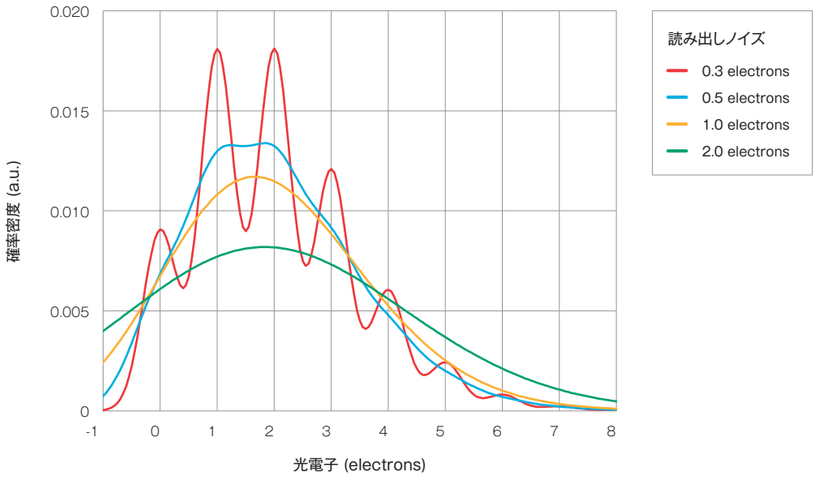
「光」とは、多数の「光子 (Photon)」の集まりです。光子はセンサ上で電子に変換され、この電子を「光電子 (Photoelectron)」といいます。光電子を数えることにより、光を正確に計測する方法が「光子数識別 (Photon number resolving) ※」です。

光電子を数えるためには光電子の信号量よりカメラ側のノイズが十分に小さい必要があります。従来のsCMOSカメラも読み出しノイズを小さく抑えていますが、それでも光電子の信号量よりもノイズは大きく、光電子を数えることは困難でした。

ORCA-Quest 2では、0.30 electrons rms (@Ultra quiet scan)という低読み出しノイズおよび、温度や時間に対する安定性、各画素値の個別校正とリアルタイム補正などの高度なカメラ技術の投入により、光子数識別を実現しています。

qCMOSイメージセンサについて詳しくは、ORCA-Quest white paperを参照ください。

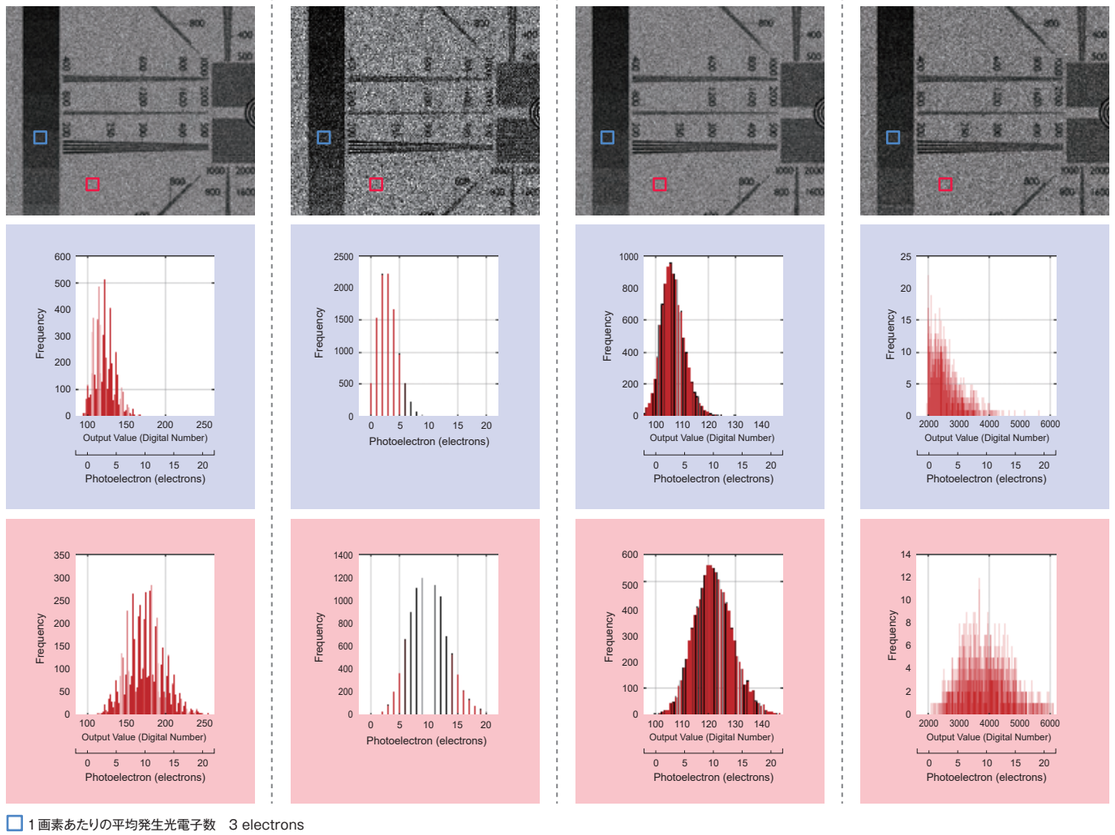
光電子の確率分布シミュレーションデータ　(1画素あたりの平均発生光電子数　2 electrons)



※光子数識別とは「光電子」の数を識別するもので、正確には「光子の検出」とは異なります。しかし、この分野における類似の手法である単一の光電子検出に対して「単一光子検出 (Single photon counting)」という用語が用いられていることから、このカタログ内では「光子数識別 (Photon number resolving)」という用語を使用しています。

空間的な光子数識別能力

下図は、1画素あたりの平均発生光電子数が3または10 electronsとなる光が入射した場合をシミュレートしたヒストグラムです。EM-CCDカメラやGen Ⅱ sCMOSカメラでは、増倍ゆらぎや読み出しノイズの影響で光子数識別ができません。一方で、ORCA-Quest 2では時間的な光子数識別に加えて空間的な光子数識別が可能であり、さらに光電子の確率分布であるポアソン分布の観察も実現することができました。



1画素あたりの平均発生光電子数　3 electrons
1画素あたりの平均発生光電子数　10 electrons

ORCA-Quest 2

究極の微弱光定量イメージングを実現した

4つのポイント

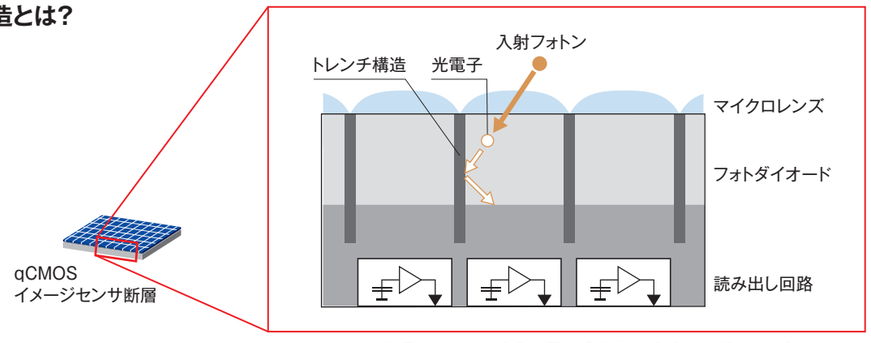
3. 背面照射構造と高分解能の両立

トレンチ構造により画素間クロストークを低減

効率よく光子を検出するためには高量子効率を実現することが不可欠であり、この一つの手段として、背面照射構造の採用があります。従来の背面照射型センサでは、画素の区切りがないため、画素間でクロストークが発生し、分解能は前面照射型センサに比べて通常劣ります。

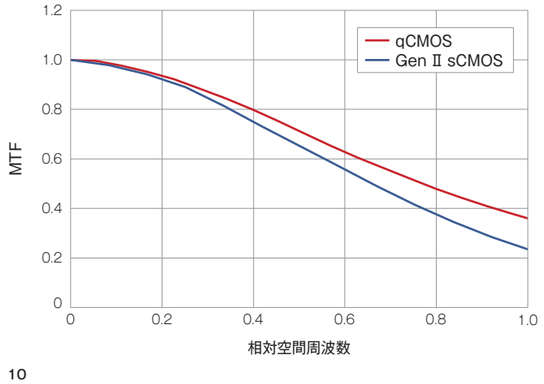
ORCA-Quest 2では、背面照射構造によって高量子効率を実現するだけでなく、画素を一つ一つに区切るトレンチ構造を採用し、画素間クロストーク低減を実現しました。

トレンチ構造とは?



トレンチ構造により、隣の画素への光電子の流入が抑えられる

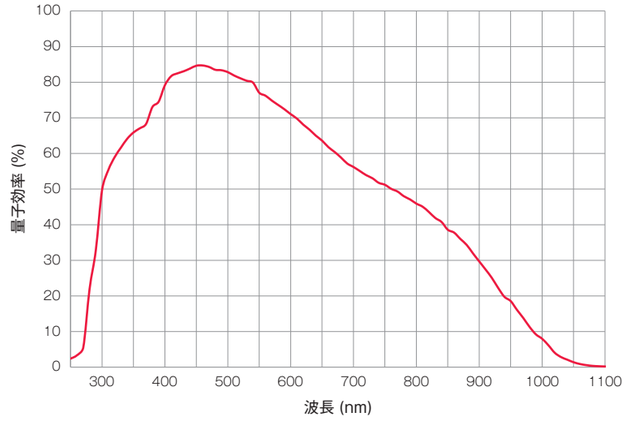
MTF 測定結果



※MTFとは、Modulation Transfer Function の略で、分解能評価指標の一種です。被写体のコントラストをどれだけ正確に再現することができるかを示す値です。

高量子効率 50 % @300 nm、85 % @460 nm、30 % @900 nm

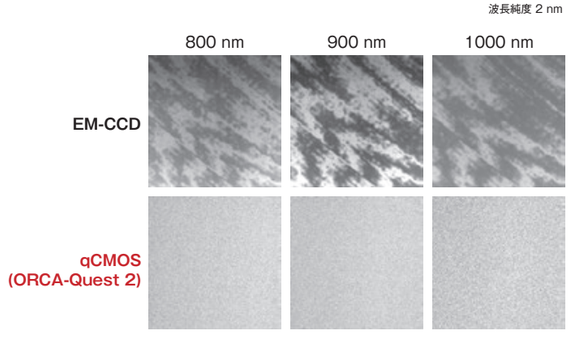
背面照射型センサを採用し、さらにオンチップマイクロレンズを組み合わせることにより、高い量子効率を実現しました。
また、光子検出領域の層を厚くしたことにより、近赤外領域でも高い量子効率を得られています。
通常、光子検出領域の層の厚さと分解能はトレードオフの関係にありますが、トレンチ構造によって分解能の劣化を抑えています。



エタロニング抑制

エタロニングとは、入射光がシリコンの裏面からの反射光と干渉することにより、光が入射する位置や波長の違いによって感度に強弱が現れる現象で、裏面照射型のEM-CCDセンサは強く影響を受けます。均一光を入射した場合でも干渉縞が発生することがあり、特に近赤外光では発生しやすいです。

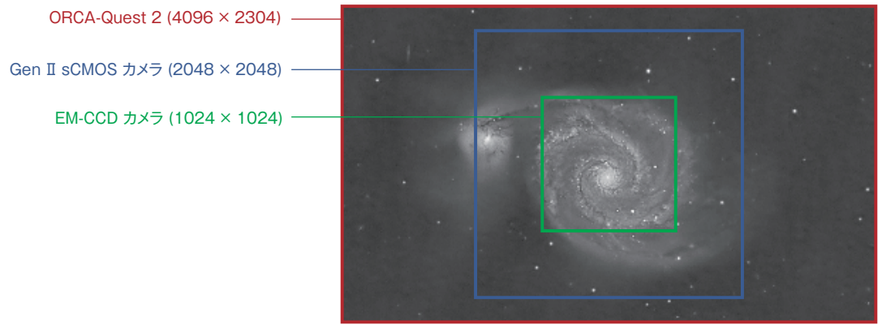
qCMOSイメージセンサは、EM-CCDセンサと比べるとエタロニングが非常に抑えられています。



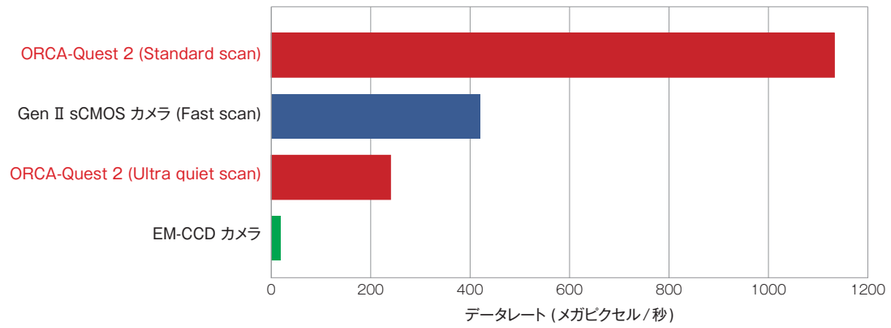
4. 高画素・高速読み出しの実現

微弱光定量イメージングと高画素・高速読み出しの両立

ORCA-Quest 2では、極めて優れた低ノイズ性能を実現しながらも、9.4メガピクセルの画素数 (4096 (H)× 2304 (V))という高画素を実現することで、従来のGen Ⅱ sCMOSカメラ、EM-CCDカメラの画素数に比べて、一度により多くの対象物を撮像することが可能になりました。



また、読み出し速度においてもORCA-Quest 2は突出した性能を持っています。ここでは、各カメラで画素数が異なるため、1秒間に読み出せる画素数であるデータレート (画素数×フレームレート)で読み出し速度の比較をします。ORCA-Quest 2のStandard scanでは、0.43 electronsと従来のsCMOSカメラより読み出しノイズがさらに小さく、かつさらに高速なデータレートを実現しています。また、Ultra quiet scanでは、従来の単一光子検出カメラであるEM-CCDに対して、約10倍のデータレートで光子数識別イメージングが可能になります。



サブアレイで高速読み出しが可能

ORCA-Quest 2ではサブアレイ機能 (ROI) を使用することで、より高速なフレームレートを実現できます。

サブアレイ機能を使用時の読み出し速度 (フレーム/秒)

Standard scan

画素数		読み出し速度 (フレーム/秒)		
水平画素数	垂直画素数	CoaXPress	USB3.1 Gen I (16 bit)	USB3.1 Gen I (8 bit)
4096	2304	120	17.6	35.3
4096	2048	134	19.9	39.8
4096	1024	268	39.6	79.3
4096	512	532	78.9	157
4096	256	1040	156	312
4096	128	2012	304	609
4096	64	3750	583	1160
4096	32	6610	1060	2130
4096	16	10 600	1850	3650
4096	8	15 400	2890	5780
4096	4	19 800	4080	8160

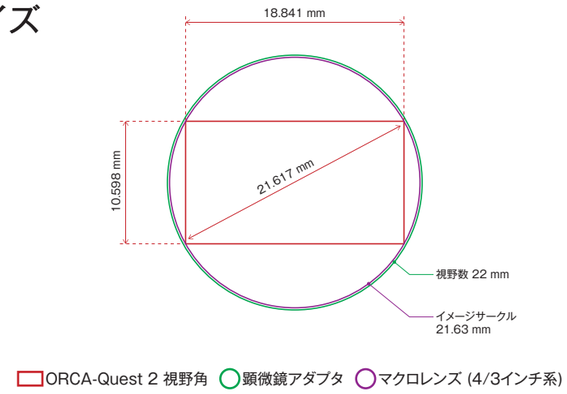
Ultra quiet scan

画素数		読み出し速度 (フレーム/秒)		
水平画素数	垂直画素数	CoaXPress	USB3.1 Gen I (16 bit)	USB3.1 Gen I (8 bit)
4096	2304	25.4	17.6	25.4
4096	2048	28.6	19.9	28.6
4096	1024	56.9	39.6	56.9
4096	512	112	78.7	112
4096	256	221	155	221
4096	128	426	303	426
4096	64	796	577	796
4096	32	1400	1050	1400
4096	16	2260	1840	2260
4096	8	3270	2670	3270
4096	4	4200	3680	4200

汎用的な光学系で使えるセンササイズ

画素数が多くなるに従い、センササイズも大きくなり、結果として、顕微鏡などの光学系を使用した場合に、周辺部の視野が欠けてしまうケースがあります。ORCA-Quest 2のセンサは画素サイズが4.6 μmのため、9.4メガピクセルの画素数を有しながらも、Cマウントが使用可能な18.841 mm (H)× 10.598 mm (V)に収め、汎用的な光学系で使用することが可能です。

※Fマウントオプションも用意しております。

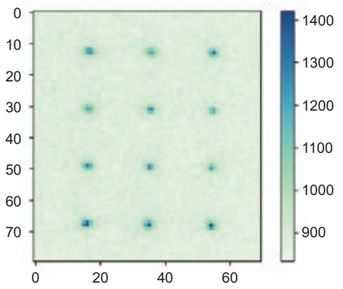


アプリケーション・撮像例

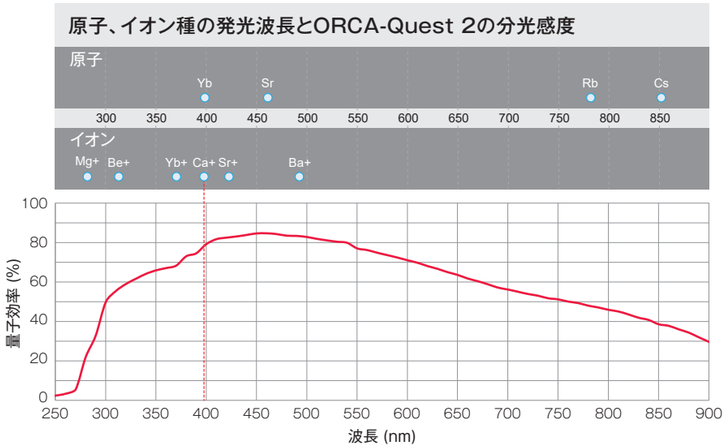
中性原子、イオントラップ

量子コンピューティングにおける量子ビット (Qubit)として、中性原子やイオンは、一つ一つ、真空中にトラップ、配列されて計算に使用されます。
それらの量子状態は蛍光を発するかどうかで判定することができますが、その蛍光計測は短時間かつ低光量下で行われるため、高速かつ低ノイズな光検出器が必要となります。
ORCA-Quest 2はその低ノイズ、高速読み出しから、原子アレイの全体像観測だけでなく、個々の量子ビットの状態判定を行うことが可能です。

Rb原子アレイの蛍光イメージング
(カメラ:ORCA-Quest)



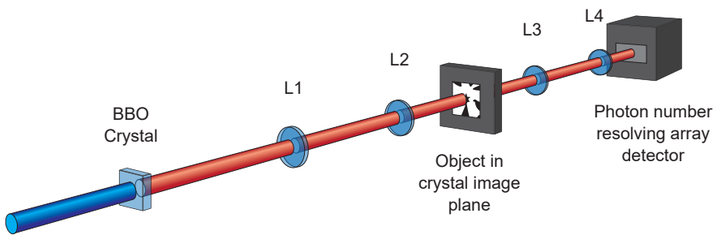
提供：大阪大学　山本俊 様、小林俊輝 様
参照：
https://camera.hamamatsu.com/jp/ja/application_and_case_study/Imaging_single_atom_array_by_orca_quest.html

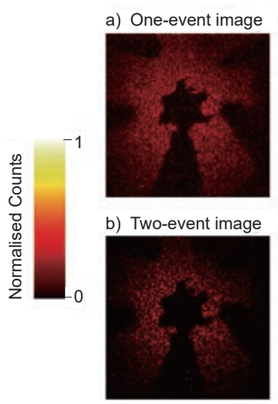


量子光学

量子光学の研究では、光子の量子的性質を研究、利用するために単一光子源を使用します。その際に、同様に単一光子検出器が必要となり、近年では検出器に入射した光子の数を識別できる検出器の必要性が出てきています。
カメラ技術の新たなコンセプトである、光子数識別可能なカメラが、この分野で新たな発見をもたらすことが期待されています。

量子イメージングの実験構成と画像 (カメラ:ORCA-Quest)





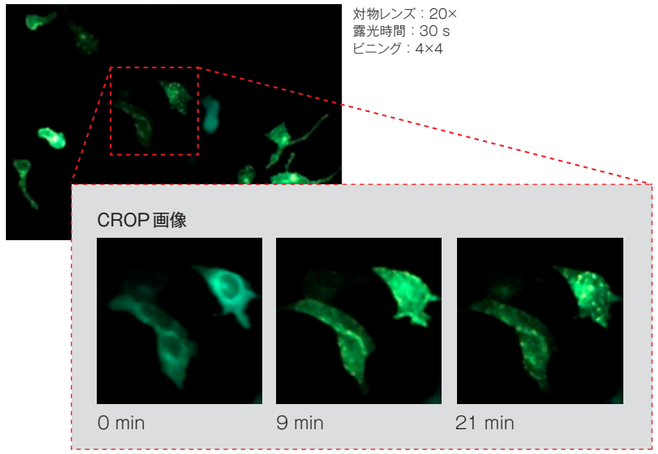
提供：Prof. Miles Padgett (University of Glasgow)
参照：https://www.nature.com/articles/s41598-022-10037-x

生物発光計測

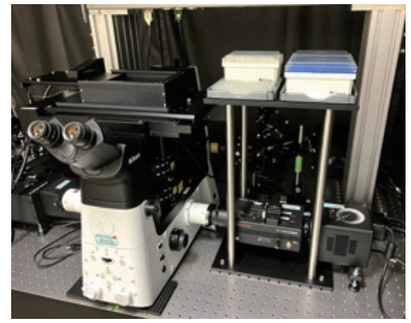
近年、生物発光顕微鏡法が、従来の蛍光顕微鏡法に対して、励起光を必要としないなどユニークな特徴をもつという理由から注目を集めています。
生物発光の主な欠点としては、その非常に小さい発光量が挙げられており、十分な画質の画像を取得することが難しいことにあります。
そのため、生物発光の観測には長い露光時間を必要とするため、長時間露光下でも十分に高感度なカメラが必要とされます。

2波長同時発光イメージング（カメラ：ORCA-Quest + W-VIEW GEMINI)

視野全体像



顕微鏡システム外観

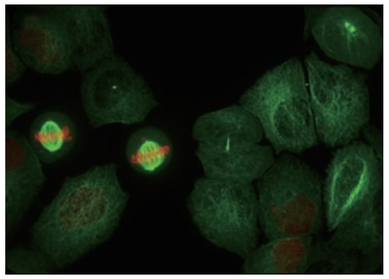


NanoLuc融合たんぱく質ARRB2と、Venus融合たんぱく質V2Rが近接してBRETが起きている様子
提供：東北大学大学院薬学研究科 分子細胞生化学分野　柳川正隆 様

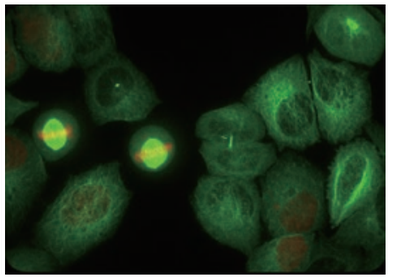
超解像顕微鏡法

超解像顕微鏡法とは回折限界を越える空間分解能を得るための手法を指しており、高い空間分解能を得るために低ノイズ、かつ小ピクセルサイズの科学計測用カメラを必要とします。

超解像画像（カメラ：ORCA-Quest、ORCA-Fusion / 超解像システム：VT-iSIM)



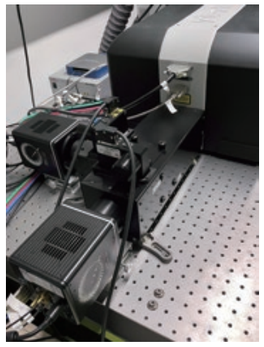
ORCA-Quest
(qCMOSカメラ、4.6 μm pixel size)



ORCA-Fusion
(Gen III sCMOSカメラ、6.5 μm pixel size)

提供：Steven Coleman様 (Visitech international Ltd.)

実験セットアップ（カメラ：ORCA-Quest)



アプリケーション・撮像例

天文

ラッキーイメージング

地上から星を観察する場合、大気のゆらぎにより、星像がぼけます。しかし、短時間露光であれば、その時間内では大気が安定し、きれいな画像が得られることがあります。このため多くの画像を取得し、きれいな画像のみを位置を合わせながら積算する手法がラッキーイメージングです。

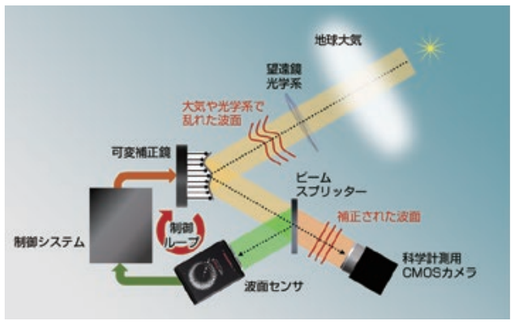
オリオン座大星雲　3波長フィルタを使用したカラー画像

天体撮影セットアップ

補償光学

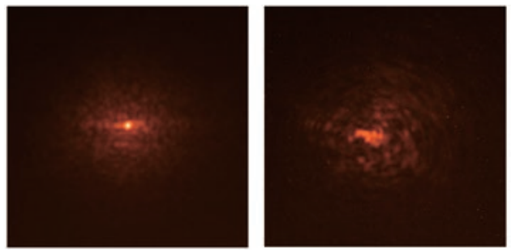
補償光学技術は、大気ゆらぎにより乱れた波面を即時に補正し、望遠鏡の性能限界における最も歪みのない鮮明な星像を得る手法です。
リアルタイムかつ高精度な波面補正を実現する装置にするため、波面の乱れを測定するカメラには、高速な読み出し性能と高い分解能が求められます。また、より暗い天体やレーザ人工星など、非常に光子数が少ない状況で波面補正が行われる場合もあり、カメラには高い感度が必要となります。

補償光学で波面を補正



補償光学 比較

補償光学あり　　補償光学なし

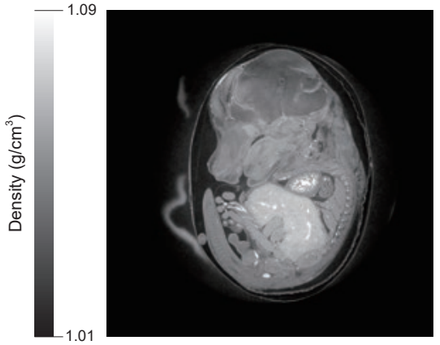


条件：実験室 風速 10 m/s、6秒露光
提供：京都大学大学院理学研究科附属天文台　山本広大 様

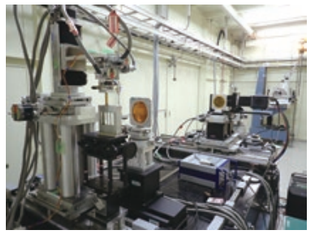
高エネルギー物理学/放射光実験

X線や高エネルギー粒子のイメージング用途で、可視光に変換するシンチレータをカップリングした科学計測用カメラが使用されています。瞬間的な現象をリアルタイム検出するために、低ノイズかつ高速なイメージング検出システムを必要としています。

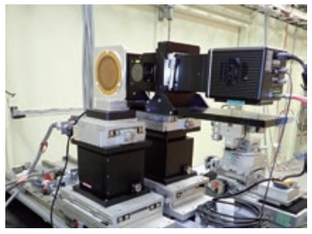
マウス胎仔のX線位相CT像



測定光学系全景



カメラ付近拡大



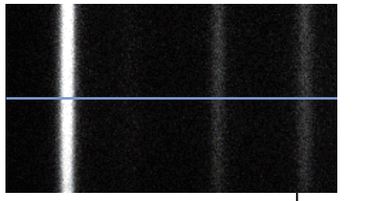
マウス胎仔のX線位相CT像（カメラ：ORCA-Quest / 光学系：高解像度X線イメージングユニット (M11427) / ビームライン：SPring-8 BL20B2)
露光時間：15 ms、トータル計測時間：6.5 min
提供：JASRI 散乱・イメージング推進室 主幹研究員　星野真人 様

ラマン分光

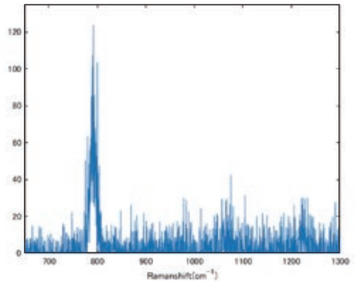
物質に光を照射すると、光と物質の相互作用が発生します。このうち、入射光とは異なる波長に散乱されるものをラマン散乱と呼び、この波長を測定することにより、物質の特性を測定する手法をラマン分光と言います。ラマン分光により、分子レベルの構造解析が可能であり、これにより化学結合、結晶性などの情報が得られます。

ラインスキャン型ラマンイメージングシステムにおけるORCA-QuestとEM-CCDカメラのスペクトル比較（1画素の光量が等しい条件）

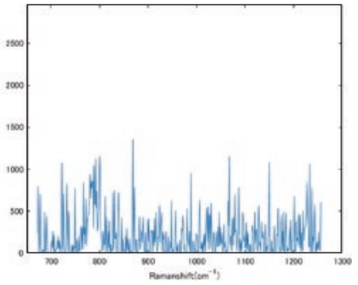
ラマン画像



ORCA-Quest



EM-CCDカメラ



@10 photon/pixel/frame, 532 nm laser excitation
参照：https://camera.hamamatsu.com/jp/ja/application_and_case_study/photon_number_resolving_capability.html

その他の用途も当社WEBサイトで公開しています。

https://camera.hamamatsu.com/jp/ja/application_and_case_study.html

仕様

型名		C15550-22UP
撮像素子		qCMOSイメージセンサ
有効画素数		4096 (H) × 2304 (V)
画素サイズ		4.6 μm (H) × 4.6 μm (V)
有効素子サイズ		18.841 mm (H) × 10.598 mm (V)
量子効率 (typ.)		85 % (ピーク時)
飽和電荷量 (typ.)		7000 electrons
読み出しノイズ (typ.)	Standard scan	0.43 electrons (rms)、0.39 electrons (median)
	Ultra quiet scan	0.30 electrons (rms)、0.25 electrons (median)
ダイナミックレンジ (typ.) ※1		23 000 : 1 (rms)、28 000 : 1 (median)
暗出力不均一性 (DSNU) (typ.) ※2		0.06 electrons
感度不均一性 (PRNU) (typ.) ※2※3		0.1 %未満
リニアリティエラー	EMVA 1288 standard (typ.)	0.5 %

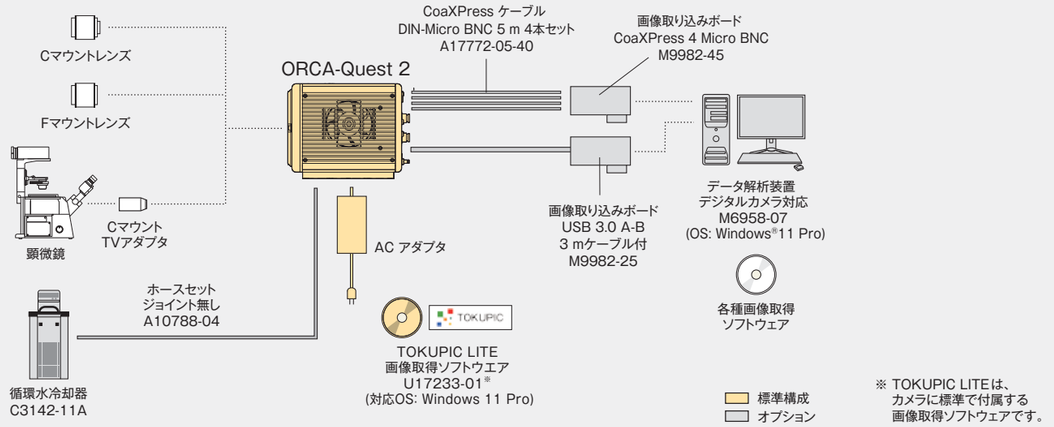
冷却	センサ温度	暗電流 (typ.)
強制空冷 (周囲温度：+25 ℃)	−20 ℃	0.016 electrons/pixels/s
水冷 (水温：+25 ℃) ※4	−20 ℃	0.016 electrons/pixels/s
水冷 [最大冷却 (水温：+20 ℃、周囲温度：+20 ℃時)] ※4	−35 ℃ (typ.)	0.006 electrons/pixels/s

エリア読み出し、光子数識別出力(PNR)、Rawデータ出力(Raw)時 ※5		
読み出しモード		全画面、デジタルビニング (2×2、4×4)、サブアレイ
読み出し速度 (全画素読み出し時)	Standard scan ※6	120フレーム/秒 (CoaXPress動作)、17.6フレーム/秒 (USB動作)
	Ultra quiet scan、PNR、Raw	25.4フレーム/秒 (CoaXPress動作)、17.6フレーム/秒 (USB動作)
露光時間	Standard scan ※6	7.2 μs ～ 1800 s
	Ultra quiet scan、PNR、Raw	33.9 μs ～ 1800 s ※7
トリガ入力	外部トリガ入力モード	エッジトリガ / グローバルリセットエッジトリガ / レベルトリガ / グローバルリセットレベルトリガ / 読み出し同期トリガ / スタートトリガ
	ソフトウェアトリガ	エッジトリガ / グローバルリセットエッジトリガ / スタートトリガ
	トリガ遅延機能	0 s ～ 10 s (1 μsステップ)
ライトシート読み出し (特許取得済) 時 ※8		
読み出しモード		全画面、サブアレイ
読み出し方向		フォワード読み出し / バックワード読み出し / バイディレクショナル読み出し / リバースバイディレクショナル読み出し
ラインインターバル		7.2 μs ～ 237.6 μs
露光時間		7.2 μs ～ 273.7 ms
トリガ入力	外部トリガ入力モード	エッジトリガ / スタートトリガ
	ソフトウェアトリガ	エッジトリガ / スタートトリガ
	トリガ遅延機能	0 s ～ 10 s (1 μsステップ)

トリガ出力		グローバル露光タイミング出力 / エニーロー露光タイミング出力 / トリガレディ出力 / プログラマブルタイミング出力×3系統 / ハイ出力 / ロー出力
マスターパルス	パルスモード	内部同期 / スタートトリガ / バースト
	パルス間隔	5 μs ～ 10 s (1 μsステップ)
	バースト回数	1 ～ 65 535
デジタル出力		16 bit / 12 bit / 8 bit
画像処理機能		欠陥画素補正 (ON-OFF可能、白点補正3段階選択可)
エミュレーションモード		有 (ORCA-Quest、ORCA-Fusion)
インターフェース		USB 3.1 Gen 1、CoaXPress (Quad CXP-6)
トリガ入力コネクタ		SMA
トリガ出力コネクタ		SMA
レンズマウント		Cマウント ※9
電源		AC100 V ～ AC240 V、50 Hz/60 Hz
消費電力		約155 VA
動作周囲温度		0 ℃ ～ +40 ℃
動作周囲湿度		30 % ～ 80 % (結露しないこと)
保存周囲温度		−10 ℃ ～ +50 ℃
保存周囲湿度		90 %以下 (結露しないこと)

※1：飽和電荷量とUltra quiet scan時の読み出しノイズから算出
※2：Ultra quiet scan時の値
※3：3500 electrons、中心1500 × 1500、1000枚積算時の値
※4：冷却水の水量は0.46 L/分
※5：光子数識別出力モードとRawデータ出力モードは、付属の設定用ソフトで切り替えることで使用可能です。
※6：エリア読み出しのみ
※7：グローバルリセットエッジトリガ及びグローバルリセットレベルトリガでは、露光時間の最小は67.8 μs
※8：特許の詳細については、右記WEBサイトをご参照ください。https://www.hamamatsu.com/jp/ja/product/cameras/cmos-cameras/lightsheet-readout-mode.html
※9：Fマウント対応の製品 (C15550-22UP01)もございます。ご希望の場合、当社までお問い合わせください。Fマウントは構造上光漏れがあり、特に長時間露光測定ではその影響を受ける可能性があります。

システム構成例



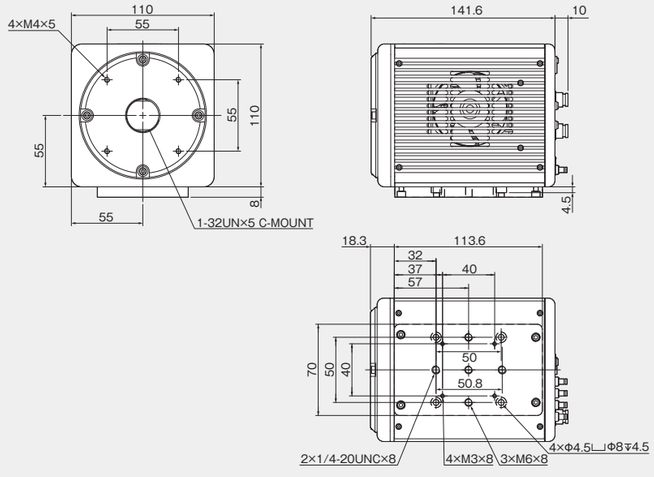
ソフトウェア / インターフェース

オプション

型名	品名
A17772-05-40	CoaXPress ケーブル DIN-Micro BNC 5 m 4本セット
M9982-45	画像取り込みボード CoaXPress 4 Micro BNC
M9982-25	画像取り込みボード USB 3.0 A-B 3 mケーブル付
M6958-07	データ解析装置 デジタルカメラ対応
C3142-11A	循環水冷却器
A10788-04	ホースセット ジョイント無し
A12106-05	外部トリガケーブル SMA-BNC 5 m
A12107-05	外部トリガケーブル SMA-SMA 5 m

外形寸法図 (単位:mm)

カメラ (約3.8 kg)



HAMAMATSU

PHOTON IS OUR BUSINESS

- ORCA、qCMOS、DCAM-APIは、浜松ホトニクス (株)の登録商標です。
- Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国、日本およびその他の国における登録商標または商標です。
- Linuxは、Linus Torvalds氏の米国、日本およびその他の国における登録商標または商標です。
- Pythonは、Python Software Foundationの登録商標です。
- その他の記載商品名、ソフトウェア名などは該当商品製造会社の商標または登録商標です。
- カタログに記載の分光感度特性グラフは代表例を示すもので、保証するものではありません。
- カタログに記載の測定例は代表例を示すもので、保証するものではありません。
- カタログの記載内容は2026年6月現在のものです。本内容は改良のため予告なく変更する場合があります。

浜松ホトニクス株式会社

製品の詳細やお問い合わせ先は当社ホームページをご覧ください

www.hamamatsu.com

Cat. No. SCAS0166J04
Jun. 2026 HPK