

イマジェム  
ImagE<sup>®</sup>MX2 シリーズ  
EM-CCDカメラ

## 超高感度で、さらに高速に！

EM-CCDカメラ ImagEM X2 シリーズに  
1024画素×1024画素の高解像度バージョン  
ImagEM X2-1Kをラインアップしました！

超高速読み出し (ImagEM X2 : C9100-23B)

**70** フレーム/秒

全面素読み出し時

**1076** フレーム/秒

ビンゴ4×4 サブアレイ使用時

### ImagEM X2シリーズ 新機能

- コーナーリードアウト
- エレクトロン表示機能
- SMAトリガポート
- Black clip / White clip 機能
- 冷却ステータス出力
- EMゲイン測定機能
- メカニカルシャッタ
- IEEE1394bインターフェース



## 超高感度で、さらに高速に！

ImagEM X2シリーズは、微弱光観察用途に向けて開発した新しいEM-CCDカメラです。ImagEM X2は、フルフレームで約70 フレーム/秒の高速読み出しが可能で、より高速に極微弱光領域の現象をとらえます。最大90 %以上の高い量子効率と-100 °C冷却による低ノイズを実現しました。プログラマブル・トリガ出力などの新しいトリガ機能やIEEE1394bインターフェースを採用し、高い性能だけでなく使い易さを兼ね備えています。このたび、100万画素の高解像度バージョン ImagEM X2-1Kをラインアップしました。



### 新機能

#### 高速読み出し=70.4フレーム/秒

ImagEM X2は、クロックスピードを高速化し、EM-CCD読み出しにおいてスーパーハイスキャン (22 MHz) を搭載しています。これにより全画素読み出し時、従来品のImagEM Enhanced に比べ、約2倍の70.4 フレーム/秒の読み出し速度を実現しました。さらにピンングを使うことにより、最速1076 フレーム/秒の高速読み出しも可能です。1Kバージョンの比較においても、従来品の9.5 フレーム/秒から18.5 フレーム/秒へと高速化されています。

ImagEM X2 (クロック : 22 MHz)

ピンング	サブアレイ (垂直方向の有効画素数)					
	512	256	128	64	32	16
1 × 1	70.4	133	241	405	613	820
2 × 2	131	238	400	606	813	981
4 × 4	231	389	588	794	962	1076

(単位 : フレーム/秒)

ImagEM X2-1K (クロック : 22 MHz)

ピンング	サブアレイ (垂直方向の有効画素数)						
	1024	512	256	128	64	32	16
1 × 1	18.5	34.9	62.7	104	156	208	249
2 × 2	34.7	62.5	104	155	207	248	275
4 × 4	61.8	102	154	205	245	272	288

(単位 : フレーム/秒)

#### コーナーリードアウト

CCDの読み出しアンプに近い部分での読み出し速度を、通常よりも高速に読み出す機能です。コーナーリードアウトが有効な場合は、自動的に高速読み出しが行われます。

##### ● コーナーリードアウト機能が行われた場合の読み出し速度

ImagEM X2 (クロック : 22 MHz)

ピンング	サブアレイ					
	512×512	256×256	128×128	64×64	32×32	16×16
1 × 1	70.4	133	285	495	741	893
2 × 2	131	238	456	699	901	981
4 × 4	231	389	645	863	981	1076

(単位 : フレーム/秒)

ImagEM X2-1K (クロック : 22 MHz)

ピンング	サブアレイ						
	1024×1024	512×512	256×256	128×128	64×64	32×32	16×16
1 × 1	18.5	34.9	79.5	161	237	237	298
2 × 2	34.7	62.5	126	215	274	274	307
4 × 4	61.8	102	179	256	293	293	305

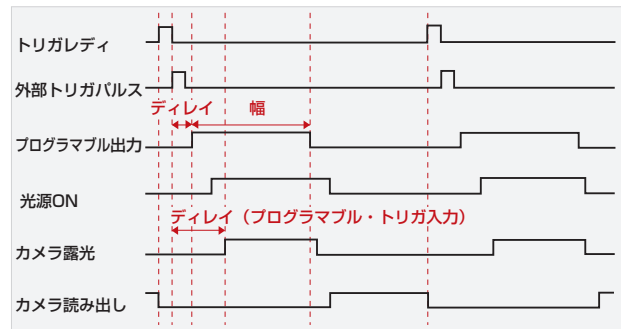
(単位 : フレーム/秒)

※ 〇部分では、読み出し速度が通常より高速になります。

#### 新しいトリガ機能を追加

##### ● プログラマブル・トリガ出力

カメラから出力するトリガ信号を自由に設定する機能です。ディレイ時間、パルス幅等は、アプリケーションソフトから設定します。従来品の2系統から3系統に増強しました。



##### ● トリガレディ出力

外部同期時、トリガを受付できる状態になった時に信号を出力する機能です。

##### ● プログラマブル・トリガ入力 (外部トリガ遅延機能)

外部機器の動作に合わせてカメラの露光を開始する機能です。ディレイ時間はアプリケーションソフトから設定できます。

#### SMAトリガポート

外部トリガ入力コネクタとしてSMAコネクタを採用しました。

#### エレクトロン表示機能

ドライバソフトウェア DCAM-APIにより、素子上でどれくらい電荷が発生しているかを把握できるようになりました。これにより、より正確な測定が行えます。

## Black clip / White clip 機能

ある輝度値以上、あるいは以下の画素を設定値で固定する機能です。例えばトップを40 000カウント、ボトムを30 000カウントに設定すると、40 000カウント以上は全て40 000カウント、30 000カウント以下は全て30 000カウントになり、注目したい輝度だけ表示させることができます。なお、設定値はアプリケーションソフトウェアから設定可能です。

## 冷却ステータス出力

冷却をスタートし、目標の冷却温度に到達すると冷却準備完了の信号を出力する機能です。ターゲット冷却温度に対し、温度が±0.03℃に安定すると信号を出力します。

## EMゲイン測定機能 (特許登録済)

専用のソフトウェアにより、被写体を撮像しながらEMゲインの測定が可能になりました。常に正確なEMゲインを把握でき、入射光量の変化も把握することができます。また、EMゲイン測定機能を用いることにより、EMゲインの再調整が短時間で済みます。

(DCAM-APIと組み合わせた場合の機能です。)

## メカニカルシャッター

ソフトウェアでOpen/Closeをコントロール可能で、レンズ交換など強い光の入射を防ぐ残光防止対策やEMゲインプロテクト機能と連動したEMゲイン劣化対策としても有効です。

## IEEE 1394bインターフェースを採用

Camera LinkからIEEE 1394bへのインターフェースの変更により、一般的なフレームグラバボードの使用が可能になり、システム構成時のトータルコストを下げることができます。DCAM-APIで動作させる場合は、Camera Linkとのインターフェースの違いによるプログラミングへの影響もありません。

## アジャスタポール

アジャスタポールの使用により、カメラマウントへの負荷を低減します。

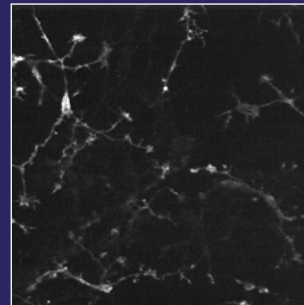


## 応用例

- 微弱蛍光でのリアルタイムイメージング
- 励起光強度を抑えた蛍光ライブセルイメージング
- 細胞内蛋白質の挙動観察
- 細胞内イオン濃度測定
- 共焦点スキャナユニットを用いたリアルタイムコンフォーカルイメージング
- 全反射蛍光顕微鏡を用いた蛍光1分子イメージング
- 蛍光生体顕微鏡を用いたin-vivo微小循環血球観察
- 発光を用いた遺伝子発現イメージング

### ■ リアルタイム共焦点イメージング例

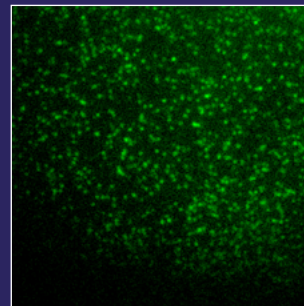
Cy3で染色したマウス脳神経細胞を、共焦点スキャナユニットを使用して高速にイメージングした例です。



- EMゲイン：150倍
- 露光時間：10 ミリ秒
- 画素数：512×512
- ビニング：1×1
- 対物レンズ：40×
- 共焦点ユニット：横河電機社製 CSU-W1
- 励起レーザ：561 nm

### ■ 蛍光1分子イメージング例

HeLa細胞内に発現させたH2B-GFP融合蛋白蛍光分子のイメージング例です。



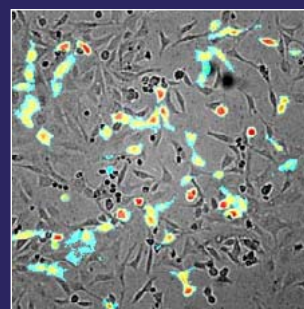
- EMゲイン：1200倍
- 露光時間：30.5 ミリ秒

#### 【画像ご提供】

- ・ 国立遺伝学研究所 徳永 万喜洋 先生
- ・ 理化学研究所 十川 久美子 先生
- ・ 京都大学大学院 医学研究科 先端領域融合医学研究機構 木村 宏 先生

### ■ 発光イメージング例

HeLa細胞内に発現させたRenilla Luciferaseの発光イメージング例です。



発光画像 (擬似カラー) と明視野画像を重ね合わせて表示しています。

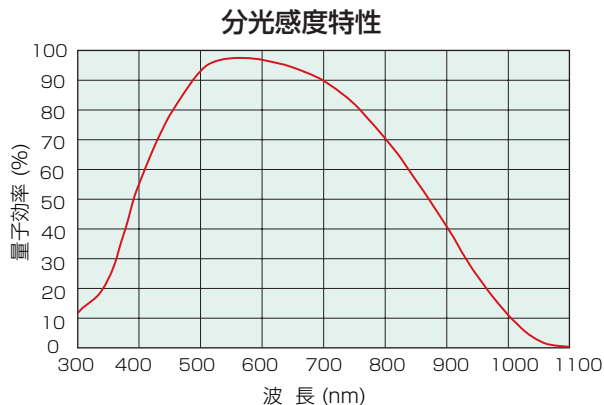
- 対物レンズ：10×
- 冷却：水冷 (-80℃)
- EMゲイン：200倍
- 露光時間：5分

## 高感度

励起光を低減し、細胞にやさしい観察が可能！

### 量子効率90 %以上

最大量子効率90 %以上を実現し、可視から近赤外の広い波長領域に利用可能です。



※CCDチップ単体での代表特性例です。

### 最大1200倍の高いEMゲイン

EM (電子増倍) ゲインにより、露光時間を短縮し、励起光量を低減したライブセルイメージングに有効です。

#### □ 従来カメラとの感度比較

HeLa細胞内に発現させたRenilla Luciferaseの発光画像。(露光時間：30秒)

従来の冷却CCDカメラ

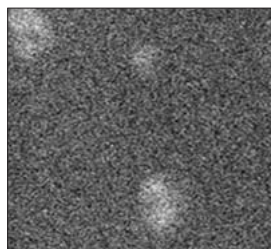
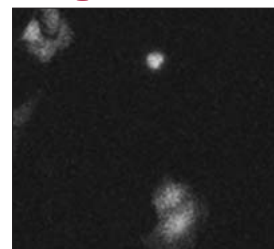


ImagEM X2シリーズ



(水冷、EMゲイン：1200倍)

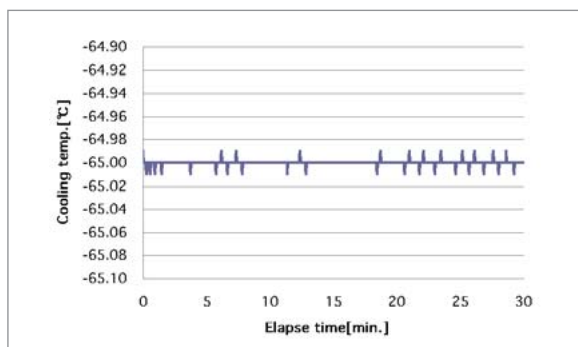
## 高安定

長時間にわたる安定した定量解析を実現

### 安定した冷却温度、安定したEMゲイン

冷却温度は、高精度の温度制御方式によりきわめて安定しています。冷却温度の安定は、冷却温度に依存して変動するEMゲインを安定させるため、長時間にわたる安定した定量解析が可能になります。

#### 冷却安定度



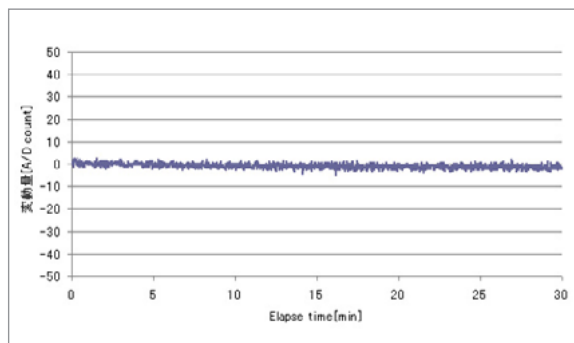
#### ● 冷却安定度 (typ.) : ±0.01 °C

● クロック：22 MHz ● 冷却温度：-65 °C ● 室温：+20 °C (安定時)

### 安定したベースライン

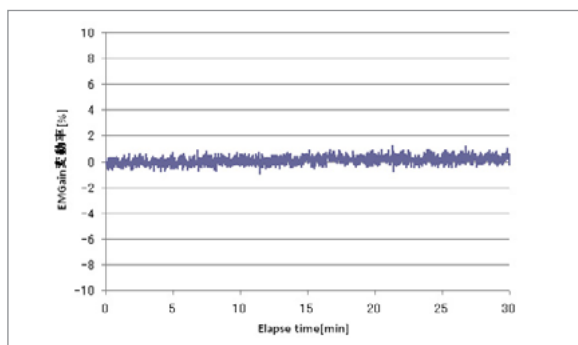
長時間にわたりベースラインが安定しているため、信号の経時変化に対する定量解析等も安定して行うことができます。

#### オフセット安定度



● 室温：+20 °C (安定時) ● クロック：22 MHz ● EMゲイン：4倍  
● 露光時間：13.93 ミリ秒 ● 入射光：なし

#### EMゲイン安定度



#### ● ゲイン安定度 (typ.) : ±1 %

● クロック：22 MHz ● 冷却温度：-65 °C ● 室温：+20 °C (安定時)

### EMゲインプロテクト機能

過大光入射時にワーニングメッセージまたはアラーム音でお知らせします。EMゲインの劣化を防ぎ、カメラをより長く安定した状態で使用することができます。

### EMゲイン再調整機能※

長期間使用によりEMゲインが低下した場合、出荷時と同様の状態に再調整する機能です。

### ダイレクトEMゲイン機能※

EMゲインを直接増倍率で指定する機能です。リニアスケールで指定できるので、より簡単で直感的、定量的な操作と画像取得が可能です。

※ DCAM-APIと組み合わせた場合の機能になります。  
DCAM-APIは、浜松ホトニクス製デジタルカメラをサポートするドライバソフトウェアです。

## 低ノイズ

ノイズを極限まで抑え、微弱な信号も検出！

### 強冷却による低い暗電流

水冷モードにて、 $-100^{\circ}\text{C}$  (ImagEM X2)の強冷却により、低い暗電流を実現しました。

### 独自の低ノイズ駆動方式

独自のCCD駆動方式により、クロックインデューストチャージ (CIC)\* を大幅に低減しました。

\*クロックインデューストチャージ：CCD内で信号電荷転送過程に発生する電荷に起因するノイズ

### デュアル冷却モード

状況に応じて空冷モードと水冷モードを使い分けることができ、それぞれのモードにおいて最適な冷却温度に制御されます。

### □ ノイズ比較例

クロックインデューストチャージの画像比較例

(EMゲイン：1200倍、露光時間：30 ミリ秒、入射光なし、 $100 \times 100$ 画素を拡大)

従来製品 ImagEM (C9100-13)

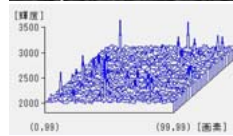
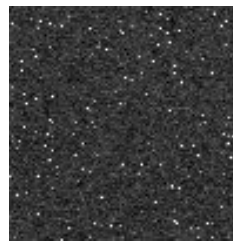
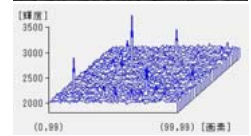
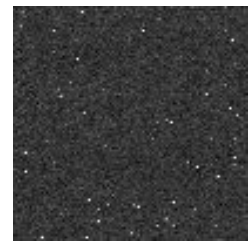


ImagEM X2 (C9100-23B)



## 多彩なイメージング機能

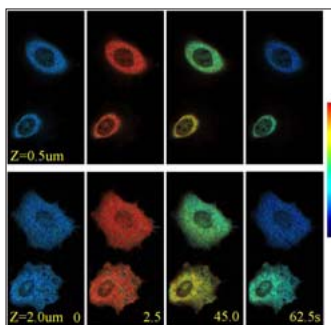
### 2つの読み出しモード

標本の明るさや露光時間に応じてモードを切り替えることで、最適な画像取得が可能になります。

- EM-CCD読み出し (短時間露光向き・高感度モード)
- NORMAL-CCD読み出し (明るい標本向き・高ダイナミックレンジモード)

### EM-CCD読み出し例

Yellow Cameleon3.6を発現したHeLa細胞のコンフォーカル カルシウムイオンイメージング。画像はヒスタミン刺激によるカルシウムイオン変化を2箇所のZ位置と4点の時間画像を用いて表示しています。

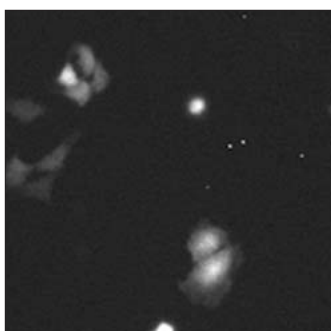


- 対物レンズ：100×
- EMゲイン：300倍
- 露光時間：100 ミリ秒
- 共焦点スキャナユニット：横河電機社製CSU使用
- CFP/YFP FRET2波長イメージング：W-View光学系A8509使用
- Zスキャン：19スライス/2.5秒  
ピエゾZステージ使用

【データご提供】  
北海道大学ニコンイメージングセンター  
永井 健治 先生、斎藤 健太 先生

### NORMAL-CCD読み出し例

HeLa細胞内に発現させたRenilla Luciferaseの発光画像。



- 対物レンズ：UApo/340 20×
- 露光時間：5分
- 冷却：水冷 ( $-80^{\circ}\text{C}$ )
- ピニング： $2 \times 2$

### フォトンイメージングモード (特許登録済)

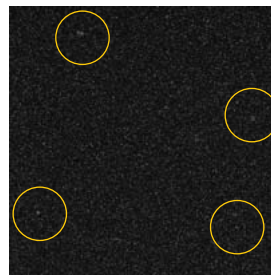
極めて微弱な光の可視化・画像化をサポートする独自技術です。短い露光時間でも信号の視認性が大幅に向上します。蛍光一分子観察や発光の短時間露光での観察等に有効です。

### □ フォトンイメージング画像例

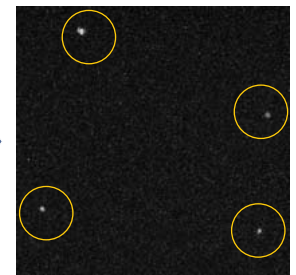
励起光強度を弱めて観察した蛍光ビーズ画像。

(露光時間：30.5 ミリ秒、EMゲイン：1200倍)

フォトンイメージングモード OFF



フォトンイメージングモード ON



### リアルタイム画質改善機能

ハードウェアで以下のリアルタイム処理が可能です。

- バックグラウンド減算  
バックグラウンド蛍光や微分干渉観察時の照明ムラなどを取り除きます。
- シェーディング補正  
蛍光の照明ムラやレンズによる画面内の明るさのムラを補正します。
- リカーシブフィルタ  
時間平均処理によりランダムノイズを除去します。
- フレームアベレージ  
リカーシブフィルタに比べて残像の影響が少ないノイズ除去処理を行うことができます。
- スポットノイズリデューサ  
宇宙線など1フレーム内に発生するスポット状のノイズを除去します。

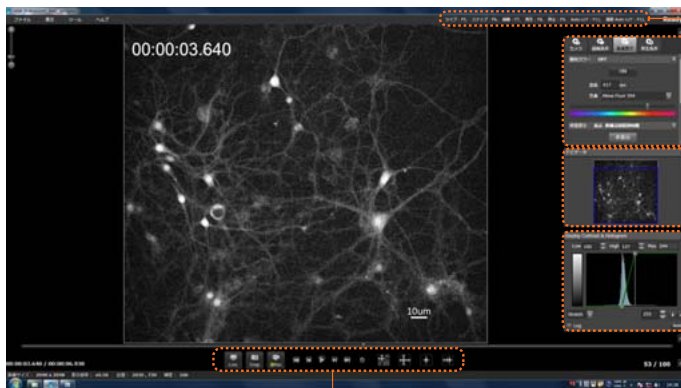
## HSR ソフトウェア U12174



HSR (High Speed Recording)は、ImagEM X2に標準装備された画像取得ソフトウェアです。ライブ、スナップショット、録画、再生を行うことを目的としたシンプルな構成により、容易な操作性を実現しています。

- 特長**
- 録画・再生に機能を絞り込んだグラフィックインターフェース
  - 瞬間的な現象を逃さずとらえる使い易い操作性
  - データの後処理を考慮した汎用性
  - 日本語・英語 環境に対応

### 直感性を重視したグラフィックインターフェース



**ファンクションキー**  
主要な操作を配置して操作性を向上

**タブ表示**  
カメラ制御、録画条件、画像表示、再生条件を集約

**ナビゲータ**  
拡大表示の際にもサンプル全体像を把握

**画像強調**  
ヒストグラムとドラッグ操作で表示を最適化

**メインツール**  
シンプルなアイコン表示で簡単録画・再生

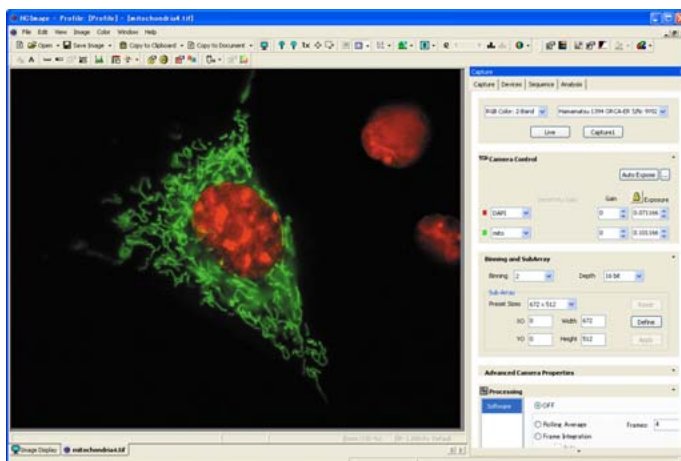
## HCIImage<sup>®</sup> Live ソフトウェア U11158-01



HCIImage Liveは、ImagEM X2に標準装備された画像取得解析ソフトウェアです。カメラドライバソフトウェア「DCAM-API」を十分に活用するために最適化され、カメラの性能や機能を最大限に引き出すことができます。粒子測定、輝度の経時変化の解析、対象物の追跡、多次元タイムラプスイメージングなど、ライフサイエンスや材料研究の幅広い用途に向け、使いやすくフレキシブルなソリューションを提供します。

- 特長**
- ライブ画像の取得をはじめ、取得後の画像処理や解析を行うための豊富なツールを装備
  - 画像取得から解析までを一括してコントロール
  - 操作性をより高めるため、画像の取得・処理・解析を150以上の計測モードから選択可能
  - 有償版にて様々な電動周辺機器をサポート（電動顕微鏡・共焦点スキャナユニットなど）

### 操作性、機能を重視したレイアウト



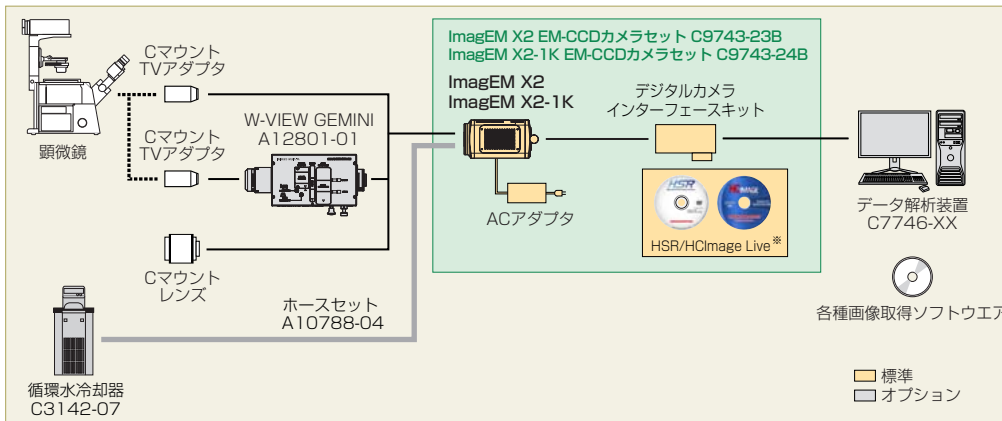
横河電機社製  
共焦点スキャナユニットCSU-W1との組み合わせ例

仕様

製品名	ImagEM X2 EM-CCDカメラ		ImagEM X2-1K EM-CCDカメラ	
型名	C9100-23B		C9100-24B	
カメラヘッドタイプ	真空ハーメチックシール空冷/水冷カメラ ①			
入射窓	両面ARコート、シングルウィンドウ			
反射防止マスク	有		無	
撮像素子	電子増倍型 背面照射 フレームトランスファ CCD			
有効画素数	512 (H) × 512 (V)		1024 (H) × 1024 (V)	
画素サイズ	16 μm (H) × 16 μm (V)		13 μm (H) × 13 μm (V)	
有効素子サイズ	8.19 mm (H) × 8.19 mm (V)		13.3 mm (H) × 13.3 mm (V)	
ピクセル	EM-CCD読み出し	22 MHz、11 MHz、0.6875 MHz		
クロックレート	NORMAL-CCD読み出し	0.6875 MHz		
EM (電子増倍) ゲイン ②	1× 及び 4×~1200×		1× 及び 10×~1200×	
微弱光検出	フォトンイメージングモード (1、2、3)			
最速読み出し速度	70.4 フレーム/秒~1076 フレーム/秒		18.5 フレーム/秒~314 フレーム/秒 ③	
読み出しノイズ (rms) typ.	EM-CCD読み出し	EMゲイン		
		4× (C9100-23B)	36 electrons (22 MHz)	15 electrons (22 MHz)
		10× (C9100-24B)	25 electrons (11 MHz)	10 electrons (11 MHz)
		EMゲイン1200×	8 electrons (0.6875 MHz)	3 electrons (0.6875 MHz)
	NORMAL-CCD読み出し	1 electron 以下		
飽和電荷量 typ. ④	EM-CCDモード	370 000 electrons (CIC重視)	400 000 electrons	
	NORMAL-CCDモード	140 000 electrons (飽和電荷量重視)	50 000 electrons	
アナログゲイン	EM-CCD読み出し	22 MHz	1×	
		11 MHz/0.6875 MHz	0.5×、1×	
	NORMAL-CCD読み出し	1×、2×、3×、4×、5×	1×、2×、3×、4×、5×	
冷却方式 / 温度 ⑤	空冷	温度制御時 (周囲温度: 0℃~+30℃)	-65℃	-50℃ (22MHz時)
		最大冷却時 typ.	-80℃ (周囲温度: +20℃安定時)	-65℃ (周囲温度: +20℃安定時)
	水冷 ⑥	温度制御時 (水温: +20℃)	-80℃	-65℃ (22MHz時)
		最大冷却時 typ.	-100℃ (水温: +10℃以下)	-70℃ (11 MHz/0.6875 MHz/NORMAL-CCD読み出し時)
冷却安定度 typ.	±0.01℃			
平均暗電流 ⑦ typ.	空冷	0.005 electron/pixel/s	0.01 electron/pixel/s	
	水冷	0.0005 electron/pixel/s	0.001 electron/pixel/s	
クロックインデューズドチャージ typ.	0.0015 events/pixel/frame		0.01 events/pixel/frame	
露光時間 ⑧ (フルフレーム)	内部同期モード (ピンング、サブアレイなしの場合)	13.9 ms ~ 1s (22 MHz)	52.7 ms ~ 1s (22 MHz)	
		27.2 ms ~ 2 h (11 MHz)	103.2 ms ~ 2 h (11 MHz)	
		421.5 ms ~ 2 h (0.6875 MHz)	1616.9 ms ~ 2 h (0.6875 MHz)	
	外部同期モード	10 μs ~ 1s (22 MHz)		
	10 μs ~ 2 h (11 MHz/0.6875 MHz/NORMAL-CCD読み出し時)			
A/Dコンバータ	16 bit			
出力信号/外部制御	IEEE1394b			
サブアレイ読み出し	16ライン単位 (水平、垂直) でサイズ、位置を設定可能			
ピンング読み出し	2×2、4×4、8×8、16×16 ⑨		2×2、4×4	
外部トリガモード ⑩	エッジトリガ、レベルトリガ、スタートトリガ、読み出し同期トリガ			
トリガ出力 ⑩	露光タイミング出力、プログラマブルタイミング出力 (ディレイ・パルス幅設定可能)、トリガレディ出力			
リアルタイム画像処理機能 ⑪	バックグラウンド減算、シェーディング補正、リカーシブフィルタ、フレームアベレージ、スポットノイズリデューサ			
EMゲインプロテクト機能	EMワーニングモード、EMプロテクトモード			
EMゲイン再調整機能	有			
レンズマウント	Cマウント			
動作電源	AC 100 V~AC 240 V、50 Hz / 60 Hz			
消費電力	約 140 VA			
保存周囲温度	-10℃ ~ +50℃			
動作周囲温度	0℃ ~ +40℃			
性能保証温度	0℃ ~ +30℃			
動作周囲湿度	70% 以下 (ただし結露しないこと)			

① 真空ハーメチックシール空冷/水冷カメラは、再排気を必要とせず、10<sup>-8</sup> Torrの高真空度を維持します。  
 ② 微弱光イメージング用に、EMゲインが最大の状態でも暗電流は低く抑えられています。  
 ③ 最速読み出し速度の314 フレーム/秒は、ピンング 4×4、サブアレイ 64×16の場合です。  
 ④ 飽和電荷量が約370 000 electrons 以上 (C9100-23B)または、約400 000 electrons 以上 (C9100-24B)では、CCDセンサの特性上、リニアリティを保証できません。  
 ⑤ 冷却温度は、設置条件により到達しないことがあります。  
 ⑥ 水量は0.5 リットル/分です。  
 ⑦ サーマルチャージの代表例を示しています。  
 ⑧ CCDの動作原理上、露光時間が短くなるとスマアが目立つことがあります。  
 ⑨ ピンング 8×8、16×16はオプションです。  
 ⑩ C-MOS 3.3 V 極性切り替え可能。  
 ⑪ リカーシブフィルタ、フレームアベレージ、スポットノイズリデューサは同時に設定できません。

システム構成例

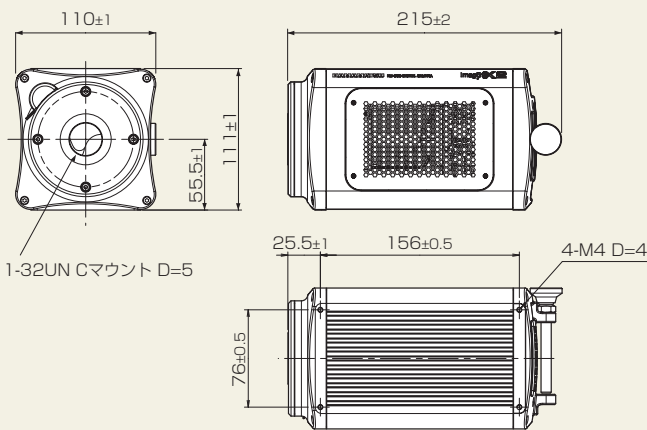


※HSR (High Speed Recording) · HcImage Liveは、カメラに標準で付属する画像取得ソフトウェアです。

外形寸法図

単位: mm

■ カメラ (約3.5 kg)



オプション

- ピンニングオプション C9100-23B用: M10354-03
- 外部トリガケーブル SMA-BNC 5 m: A12106-05
- 外部トリガケーブル SMA-SMA 5 m: A12107-05
- IEEE1394bケーブル 9P-9P 4.5 m: A12344-05
- データ解析装置: C7746-XX
- デジタルカメラインターフェースキット IEEE1394b: M7791-22 (追加用)
- 循環水冷却器: C3142-07
- ホースセット ジョイント無し: A10788-04
- ベースプレート ImagEM X2筐体共通: A12263-01
- W-VIEW GEMINI イメージスプリッティング光学系: A12801-01\*

\*オプションのW-VIEW GEMINI イメージスプリッティング光学系を接続させることにより、異なる2波長の画像を同時に観察することが可能です。



W-VIEW GEMINIの特長

- 広視野
- 高透過率
- 色収差補正機構

★ImagEM (イマジェム) は、浜松ホトニクス(株)の登録商標です。

★HcIMAGEは、PHOTONICS MANAGEMENT CORP. の登録商標です。

※その他記載商品名、ソフト名等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及び冷却・EMゲイン・オフセットの各安定度の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。

※本カタログの記載内容は2015年5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

www.hamamatsu.com

□ システム営業推進部 〒431-3196 浜松市東区常光町812  
TEL (053)431-0150 FAX (053)433-8031  
E-Mail sales@sys.hpk.co.jp

- 仙台営業所 TEL (022)267-0121 FAX (022)267-0135
- 筑波営業所 TEL (029)848-5080 FAX (029)855-1135
- 東京営業所 TEL (03)3436-0491 FAX (03)3433-6997
- 中部営業所 TEL (053)459-1112 FAX (053)459-1114
- 大阪営業所 TEL (06)6271-0441 FAX (06)6271-0450
- 西日本営業所 TEL (092)482-0390 FAX (092)482-0550