

通常のカメラによるマシンビジョンと同様に、ハイパースペクトルカメラでも被写体に応じてレンズを使い分けます。高画質の映像を写すだけでなく、使用する波長帯の光すべてに対応する必要がある、重要な部品です。また、カメラの画角やレンズの焦点距離はもちろん、最適な結果を得るには被写界深度や絞りの影響も考慮する必要があります。

レンズのラインナップ

ClydeHSI では、ハイパースペクトルカメラ用に様々なレンズをラインナップしています。これらのレンズはユーザが取り換え可能です。必要な撮影エリアや対象物の細かさに合わせてレンズを選択してください。

標準レンズ

ClydeHSI のレンズは、無反射コートが施され、ハイパースペクトルカメラの波長帯に最適化されています。また、過酷な環境でもフォーカスを維持するロック機構を備えています。



	VNIR : 400~1000nm				NIR/SWIR : 1000~2500nm			単位
焦点距離	17	23	35	50	22	30	56	mm
FOV	38.9	29.2	19.5	13.7	24.6	18.2	9.8	deg
リニア FOV	70.6	52.2	34.3	24.0	43.6	32.0	17.1	cm/m
IFOV (30μm スリット)	1.76	1.3	0.86	0.6	1.4	1	0.5	mrاد
IFOV (15μm スリット)	0.88	0.65	0.43	0.3	0.7	0.5	0.3	mrاد
リニア IFOV (30μm スリット)	1.76	1.3	0.86	0.6	1.4	1	0.5	mm/m
リニア IFOV (15μm スリット)	0.88	0.65	0.43	0.3	0.7	0.5	0.3	mm/m

顕微レンズ

微細な測定を行える顕微鏡タイプもご用意しています。このハイパースペクトル顕微鏡は、独自のマルチモーダルシステムです。明視野、暗視野、透過型の顕微鏡観測が可能で、さらにルミネッセンスや複屈折計測ができる偏光測定にも対応しています。400~1700nm の波長を 1μm 以下の空間分解能で測定でき、高い汎用性と精度により、色や材料の識別が必要なアプリケーションに最適です。

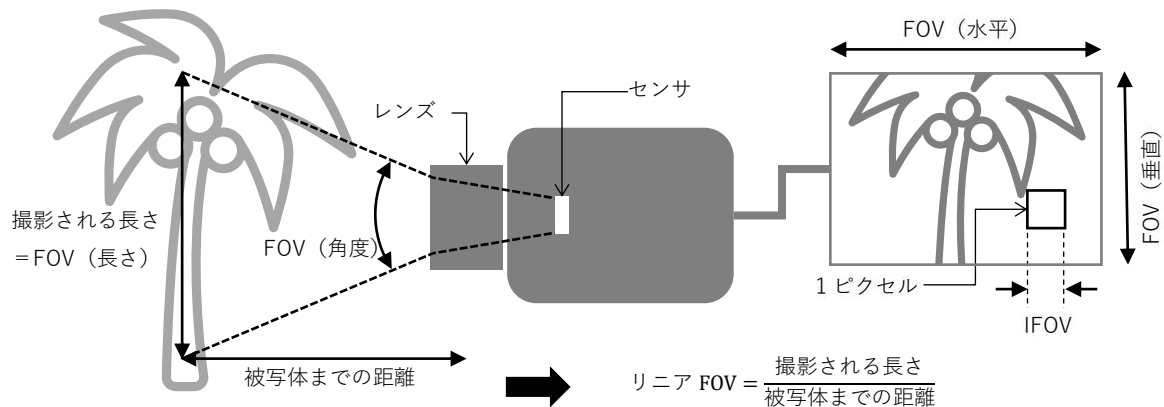
広い波長域の対物レンズや自動モード変更機能を搭載した、使い勝手の良い電動ノーズピースを採用。オートローダーにより、1つのセッションで最大 6 つの A4 サイズのサンプルをユーザのモニタリングなしに、高分解能なスキャンが可能です。



	仕様	備考
測定モード	反射、透過、ルミネッセンス、ラマン、偏光	高精度で広範囲の計測が行えるマルチストライブモザイクイメージングによるマルチモーダル測定
波長帯	400 ~1,700 nm	可視から近赤外に対応
空間分解能	≤ 1 μm	電動ノーズピースにより対物レンズの切替が可能
撮影エリア	300mm x 300mm	高精度電動ステージ使用
ステージ位置再現性	≤ 1 μm	

視野角（画角） FOV、IFOV、リニア FOV

視野角（FOV）と瞬時視野角（IFOV）は、イメージングシステムに入射する光のうちセンサが受光できる角度を表し、センサやピクセルのサイズと、使用する対物レンズの焦点距離に依存します。FOV と IFOV は一般に「角度」の単位で表されますが、実際に撮影される幅や高さといった「長さ」の単位が使われることもあります。この撮影される長さは、被写体までの距離によって変わります。その「長さ」の比率（被写体までの距離に対する、撮影される長さ）を表したものがリニア FOV です。つまり、〇〇m 先を撮影すると、□□cm の幅が撮影できる、という意味です。FOV は、撮影エリアの水平方向、垂直方向、または対角線で表されます。

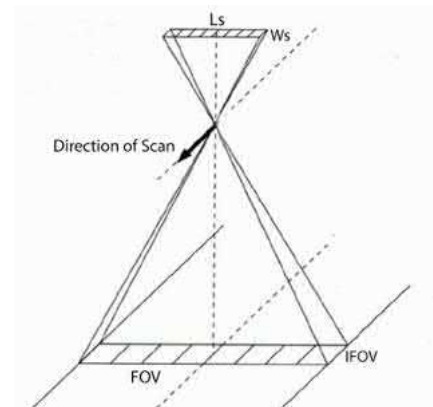


プッシュブルーム式のハイパースペクトルイメージャは、ラインスキャンカメラの特殊なバージョンです。FOV は分光器スリットの長軸 L_s の受光角を表し、IFOV は分光器スリットの幅方向 W_s の受光角を表します。FOV の単位としては度（°）が、IFOV にはミリラジアン（mrad）が多く使用されます。IFOV を決定する際には、検出器のピクセルサイズとビニングの考慮が必要な場合があります。

したがって、プッシュブルーム方式のハイパースペクトルイメージングのアプリケーションでは、レンズ焦点距離 f とスリット長さ L_s により、撮影される幅 FOV と被写体距離 D の関係が決まります。ここでの被写体距離 D は、対物レンズの背面から被写体までの距離です。

センサのピクセルの視野 IFOV も同様に定義されます。正方形のピクセルの場合、アロングトラック方向（スキャン方向）とアクロトラック方向（スキャンと直行する方向）の IFOV はほぼ同じ値となります。

実際の測定では、角度としての FOV ではなく、リニア FOV を使った方が便利な場合もあります。被写体距離 $D[\text{m}]$ に対する撮影される幅 $\text{FOV}[\text{mm}]$ で表します。



視野角の計算方法

プッシュブルーム式のハイパースペクトルカメラの FOV は、以下のように計算できます。

$$\text{角度の場合} \quad FOV = 2 \tan^{-1} \left(\frac{L_s}{2f} \right) \quad IFOV = 2 \tan^{-1} \left(\frac{W_s}{2f} \right)$$

$$\text{長さの場合} \quad FOV = \frac{L_s \times D}{f} \quad IFOV = \frac{W_s \times D}{f}$$

$$\text{リニア FOV} \quad LFOV = \frac{L_s}{f} \quad LIFOV = \frac{W_s}{f}$$

FOV: 視野角

IFOV: 瞬時視野

LFOV: リニア FOV

LIFOV: リニア IFOV

L_s : 分光器のスリット長

W_s : 分光器のスリット幅

f : 対物レンズの焦点距離

D : 被写体までの距離

例) スリット長 $L_s=12\text{mm}$ 、スリット幅 $W_s=0.03\text{mm}$ 、焦点距離 $f=23\text{mm}$ の場合、

FOV=29.2° リニア FOV=520mm/m (1m 先の撮影エリアは 520mm)

IFOV=1.3mrad リニア IFOV=1.3mm/m (1m 先の 1 画素の撮影サイズは 1.3mm)

被写界深度

被写界深度は、鮮明な画像が取得できる最も近い被写体と最も遠い被写体の距離です。つまり、フォーカスが合う奥行の範囲です。被写体距離、レンズ焦点距離、絞り、許容錯乱円など、いくつかの要因が影響します。実際のレンズではすべての光線を完全に集束させるわけではないため、焦点を合わせても、点光源は円として結像されます。許容錯乱円は、「十分にフォーカスが合っている」と見なされる大きさを定義します。

被写界深度の計算方法

一般的に、被写界深度は以下の近似式で表されます。

$$\text{被写界深度} \quad DoF = \frac{2NCD^2}{f^2}$$

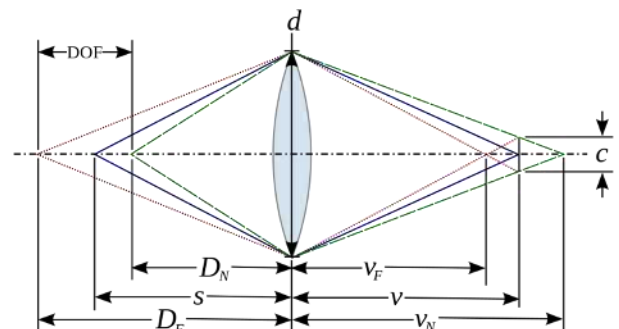
DoF: 被写界深度

N : レンズの F ナンバー

D : 被写体距離

C : 許容錯乱円

f : レンズの焦点距離



つまり被写界深度が大きくなる（フォーカスが合いやすい）のは、

- ・絞りが小さい
- ・F ナンバーが大きい
- ・被写体までの距離が長い
- ・レンズの焦点距離が短い

といった場合です。もちろん、許容錯乱円が変わると被写界深度も変わります。

例えば、レンズ焦点距離 $f = 23\text{mm}$ 、被写体距離 $D=0.5\text{m}$ 、分光器の F ナンバー F2.5、許容錯乱円 $C=30\mu\text{m}$ の場合、被写界深度 DoF は約 71mm です。ハイパースペクトルカメラのレンズの F ナンバーを F4 に絞ると、被写界深度 DoF は約 113mm に増加します。このように、F ナンバーを大きくすると被写界深度は大きくなります。つまり広い範囲にフォーカスが合います。しかしその一方で、集光量には影響がでてしまいます。

集光 絞り、F ナンバー

被写界深度を増やすために開口部を絞ると、ハイパースペクトルカメラに取り込まれる光量は減少してしまいます。受光量は、 $1 / (\text{F ナンバー})^2$ で変化します。F ナンバーを小さくすることは、より多くの集光を行う方法の 1 つです。しかし、それにより被写界深度は減少します。

このため、被写体への照明や被写体からの反射光が十分に明るく、絞riを使用してもカメラが必要な光量を得られる場合を除いて、被写界深度と受光量の両方を満たすことは困難になります。

また、低い F ナンバーのレンズはより多くの光を集めますが、レンズの収差が画質に影響します。F ナンバーの減少とともに、収差は急速に増加します。非常に低い F ナンバーのレンズは、より多くの光を集められますが、生成されるビームは不完全です。点光源の場合でも、コリメートされた理想からはほど遠い、さまざまな角度の光線が含まれます。



本カタログに記載する製品仕様は予告なく変更される場合があります。

CHSI-SC01

