



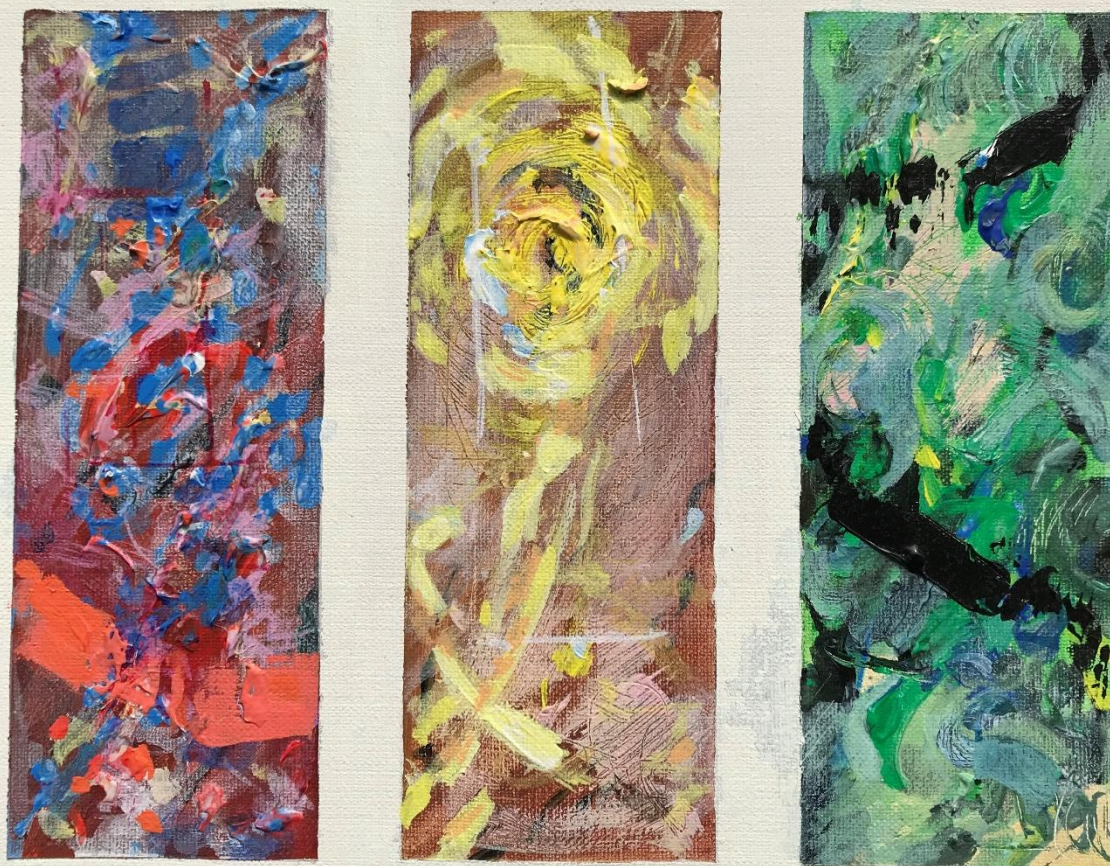
HyperSpectral Imaging for Art

ハイパースペクトラルイメージングを用いた

芸術作品・歴史的文書

調査・修復・保全・状態評価

ハイパースペクトラルイメージングを使用すると
一段とスマートな芸術作品や考古学的資料の調査が実現できます



上の油絵をハイパースペクトラルイメージングシステムで測定しました。
肉眼では分からない違いが見える場合があります。
内側をご覧ください。



株式会社アイ・アール・システム

装置概要

光を RGB よりも細かく分ける分光。分光して得られるデータは物質ごとに特有の値を示す為、人間の目では同じに見える物の違いを見分けられることがあります。カメラと同じように画像が撮影出来て、分光も行える装置。それがハイパースペクトルイメージングシステムです。つまり、測定した物に含まれる物質や成分の空間的な分布を判別することができます。

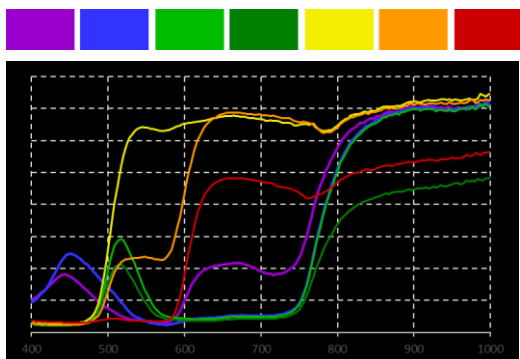
そのハイパースペクトルイメージングは、ここ 30 年ほどの間に、リモートセンシング、食品・農産物評価、法医学等の様々な用途でスマートな分析手段として発展を遂げています。文化遺産や考古学関連の分野では、20 年ほど前から歴史的文書、芸術作品、彫刻やレリーフの検査に採用されています。

大きさ、形状、色であれば、カラーカメラを用いた従来のマシンビジョンで計測することもできます。ここでハイパースペクトルイメージングを用いることにより、芸術作品中の化学組成、人間の目では検出できないレベルでの経年劣化や成分の変化などの他の要素の推定を、測定結果から導き出すことができます。基本的なハイパースペクトルの技法は、材質成分やその空間的分布を特定することができる分光特性の空間的なマップを作ることです。工芸品・文化遺産の物質に一切触れることなく、光学的な方式で作成され、歴史的な文書や芸術作品の評価において、重要な分析手段の一つとなっています。波長特性は物質の「指紋」であり、スペクトルイメージングは歴史的工芸品の光学特性の変化を検知、測定及び可視化することにおいて、高度に定量的で、繊細なアプローチとして発展してきました。分光計測、特にハイパースペクトルイメージングは、非破壊、非接触だけでなく、リアルタイムで同時に複数のパラメーターを測定可能な為、このフィールドにおいて大きな成功を収めています。

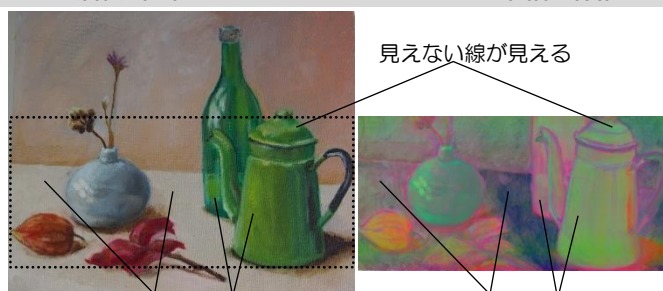
ClydeHSI 社製品は、絵画、3 次元物体などの大型の芸術構造物や文書において、ロバスト性、信頼性、正確性、そして再現性に優れたハイパースペクトル計測を可能にする、エンドツーエンドソリューションとしてデザインされています。システムは、スペクトルカメラを含むハードウェアと、データ取得、表示、分析を行うソフトウェアからなる、ハイパースペクトル計測の完全なターンキーソリューションです。使いやすさと素早いデータ取得も、最も重要な特徴です。リアルタイムプロセスモニタリングも簡単に実現できます。

4 種のスキャナ、及び 5 種のスペクトルカメラが選択可能です。スキャナには、三脚やテーブルに素早くセットアップできるものや、広範囲の高解像度スペクトル画像を数秒で取得できるものがあります。全てのスキャナは 2 台のスペクトルカメラを搭載可能で、VNIR、NIR、SWIR などの異なる波長範囲を同時にカバーすることができます。各スペクトルカメラには専用レンズが附属します。

印刷物の分光計測（インクの特徴が分かる）

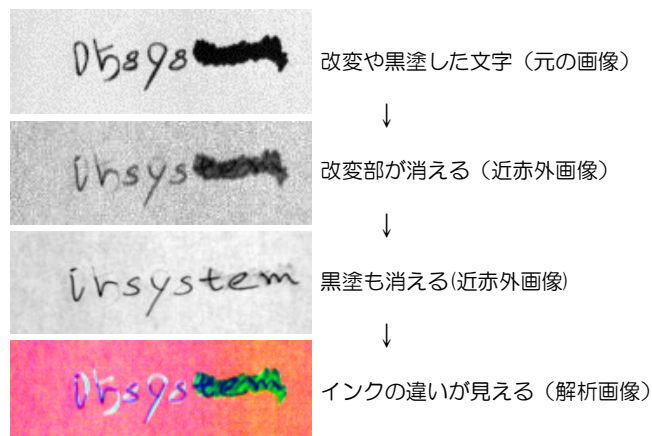


油絵（左） と ハイパースペクトル画像（右）



同じような色も、ハイパースペクトル画像では違いが見える

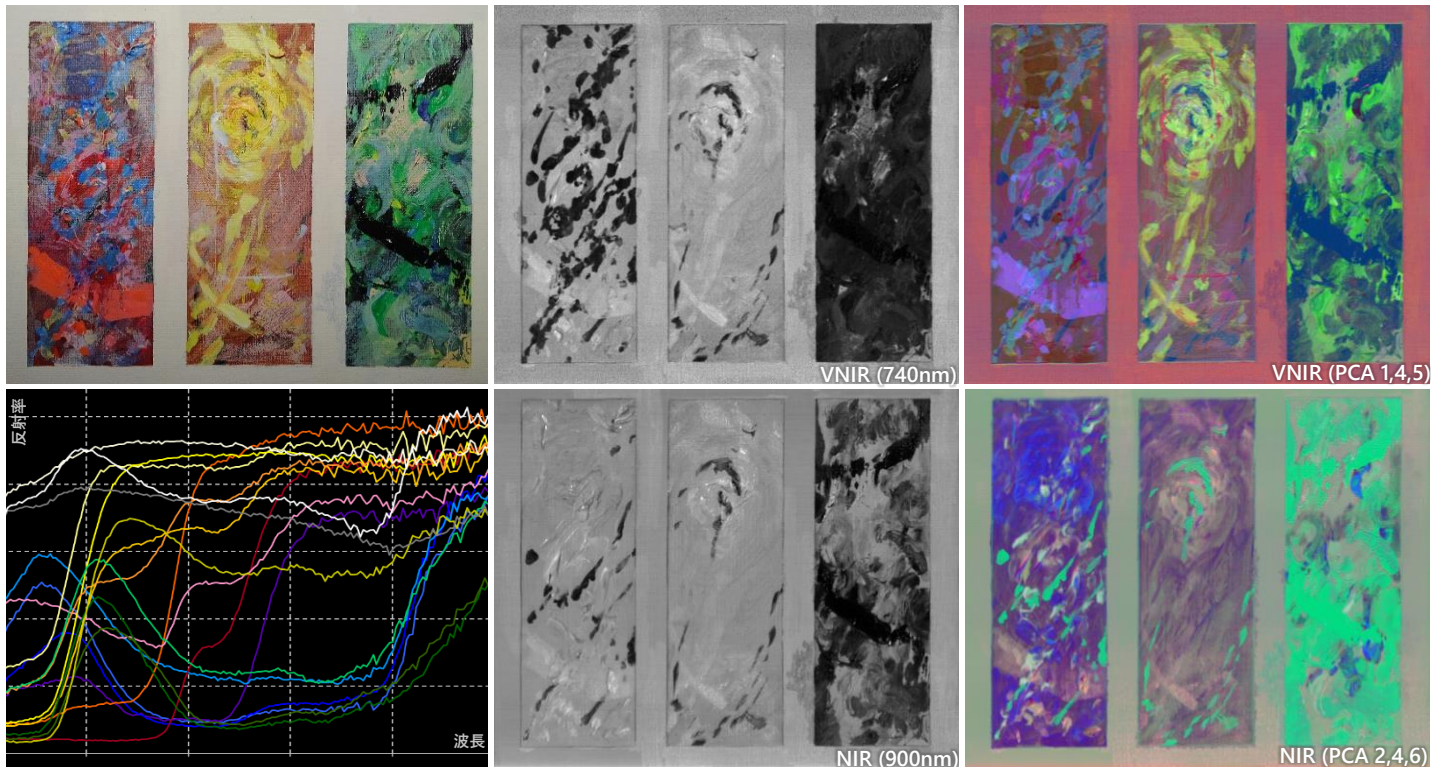
文字の加筆、改変偽造、黒塗



主要機能 及び 特徴

機能	特長
高感度で広波長範囲をカバーするスペクトルカメラ ・VNIR：400～1000nm ・NIR：900～1700nm ・SWIR：900～2500nm	測定対象の色情報及び化学組成情報を測定できます。 用途や測定対象によって、最適なスペクトルカメラを選択できます。現時点で必要な波長のカメラのみ購入し、後から他の波長のカメラの追加購入も可能なモジュール方式のシステムです。
測定対象物上でのピクセルサイズが同じになる光学系	複数の測定データを融合する際に、幾何補正が最小限で済みます。
RGB カメラオプション	通常のカラー画像を取得することにより、測定箇所の選択が簡単に行えます。また、スペクトルデータとカラー画像を融合することも可能です。
低照度で撮影可能	装置が高感度な為、高解像度の計測においても、弱い照明でもサンプルからの反射光を十分に得られます。つまり、調査中の美術品や文書への光の照射を最小限に抑えることができます。
高精度でロバスト性の高いスキャナシステム	2m x 2m 以上もの範囲にマクロスキャンを行える分解能を備えています。
撮影距離の自動測定	巻き尺などでカメラから測定対象物への距離を測定する必要はありません。計測中に自動で距離を測定し、分析結果の空間的なマップを作成します。
リファレンスマークと基準反射板(白/黒)	リファレンスマークによって、撮影エリア全体の幾何的評価を行います。基準反射板(白/黒)を用い、自動で反射率計算や露光時間調整を実施。
データ取得・分析をカバーする専用ソフトウェア	先進的なデータ取得、分析を行うソフトウェアが装置に付属します。ユーザへの納入後もシステム全体の運用をサポートし続けます。

絵画（油絵）の 分光波形 と ハイパースペクトラル画像



左上：元の絵画(油絵)、 左下：油絵の任意の点のスペクトル、 その他：ハイパースペクトルカメラで取得した画像

ハイパースペクトルカメラの画像では：「下塗が見える」「絵具の違いが見える」
他にも、元の絵では見えない違いを探してみてください。

スキャナ 概要

タイプ	説明
回転型	大型の測定対象物に対するデータの高速取得が可能で、簡単に三脚に設置することができます。
デスクトップ型	A3、A4 サイズの文書向け高精度スキャナで、フォーカスマークへの自動位置調整と、基準反射板(白)による反射度合補正を含みます。25 μ m 解像度でのマクロスキャンが可能です。
広範囲型(絵画用)	2.2m x 2.2m までのエリアを 25 μ m 解像度で全範囲にわたりマクロスキャンすることができます。撮影距離の自動測定機能、形状トラッキング機能、撮影距離の自動補正機能を搭載しています。
ロボットアーム型	複雑な形状の測定対象物はこのロボットアーム型スキャナにより 2 次元的、または 3 次元的にスキャンすることができます。高度な空間位置精度と再現性を備えたスキャンデータを取得することが可能です。

スキャナ ①回転型

回転型スキャナは、望遠レンズ使用時や広範囲の景色を撮影する場合に最適です。位置基準センサを搭載しており、「ゼロ」の基準点から水平、垂直両方向にスキャン可能です。VNIR と SWIR のデュアルシステムを含む全てのカメラと組み合わせる構成が可能です。コンパクトで、素早く簡単にセットアップことができ、通常測定が困難な場所でも活躍します。

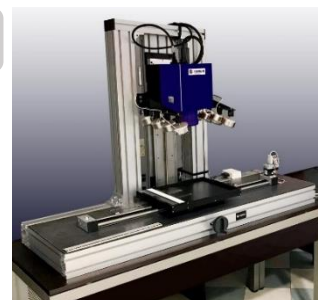
FOV（カメラの視野）と IFOV（1 ピクセルの視野）は使用中のレンズに合わせて自動的に算出され、常に均一で正方形のピクセルで撮影できるよう、スキャナを適切な回転スキャンスピードに調整することができます。



仕様	単位	備考
回転範囲	360	Deg
角度分解能	≤ 0.005	Deg
スキャン速度	≤ 25	Deg/s
動作	垂直または水平	-
マウント	3/8" 及び 1/4"	-
電源	24V DC, 2.5A	-

スキャナ ②デスクトップ型

A4、A3 サイズの文書のスキャンに最適です。1 台のスペクトルカメラではもちろん、2 台を組み合わせると 400~2500 nm に渡る波長範囲で撮影することもできます。スキャナは、IFOV（1 ピクセルの視野）を確認するセンサ付きで高精度で高さ調節可能な、カメラを支える頑丈なアームを搭載しています。文書や書籍、絵画やその他のサンプルを固定できるホルダー及び、反射率自動確認用の基準反射板(白)とフォーカス確認用のターゲットも付属します。

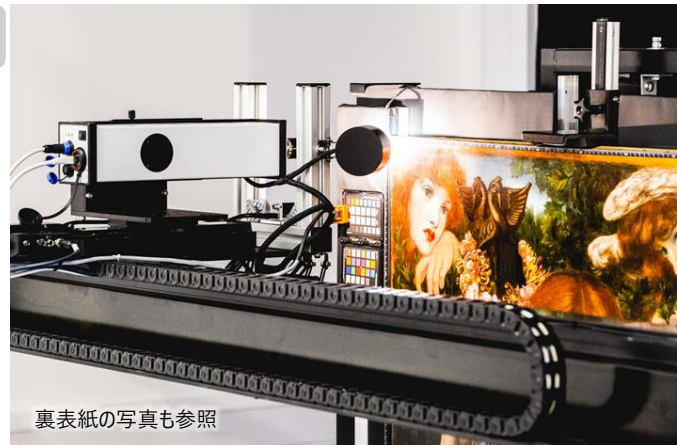


仕様	単位	
スキャナモデル	A4	A3
スキャン範囲	250 x 300	300 x 500
スキャナ部奥行	400	600
スキャン速度(@ 100lfps) ※空間分解能に依存	5mm/s (50 μ m 分解能時) 50mm/s (500 μ m 分解能時)	
スキャナ部高さ	550	
スキャナ部幅	750	1200
電源	90 to 260 (50/60)	

スキャナ ③広範囲型

美術品などの測定対象を高度に安定し、常に高精度でスキャンできるシステムです。5 μ m 刻みでスキャンを行うことが可能で、マクロモードでは 25 μ m の空間分解能の撮影ができます。

ClydeHSI 社のユニークな表面曲率形状モニター・補正システムにより、測定対象の形状が変化しても、全スキャンエリアに渡って均一なフォーカスと撮影スポットサイズを維持できます。



仕様		単位
スキャン動作方向	X, Y, Zs, and Zm	-
最大スキャン範囲(X-Y)	2,200 x 2,200	mm ²
最大画素数	88,000 x 88,000	pixels
スキャンステップ幅	5	μ m
空間分解能	≥ 25	μ m
X-Y ポジションフィードバック	エンドコード処理	-
Zs, 撮影距離	0 to 3,000	mm
Zs, 撮影距離ステップ幅	0.5	mm
撮影距離計測用レーザ距離計	2	-
Zm, マクロステージ調整幅	± 75	mm
Zm, マクロステージ分解能	0.5	mm
Zm 制御	リアルタイム撮影距離計測及び測定対象表面湾曲に対する自動距離調整システム	-
搭載カメラ重量	≤ 50	kg
搭載カメラ	スペクトラルカメラ (VNIR, NIR, SWIR) 、観測用カラーカメラ	-

Zm マクロステージ（撮影距離調節）

絵画の測定上共通して問題となることは、絵の具の厚み等により表面が平らではないため、撮影距離の変動が生じてしまうことです。特にマクロ撮影においては、これが無視できない影響となります。例えば、どのような画角での測定であっても、測定スポットの大きさは測定対象とカメラの距離に応じて変化してしまいます。また、被写界深度が足りずにフォーカスが合わなくなってしまう。その為、測定システムで補正することが重要となります。

そこで、ClydeHSI 社では非常に低出力で高精度のレーザ距離計で対象物の表面形状を測定し、Zm マクロステージが測定対象の形状に合わせてリアルタイムで撮影距離を調整します。この機能により、測定対象物に常にフォーカスし、一定のスポットサイズで計測できるだけでなく、対象物の表面の形状地図を作成することができます。

レーザ距離計（撮影距離測定）

仕様		単位	絵画表面(解説図)
精度	± 0.5	mm	
再現性	± 0.3	mm	
測定範囲	0.05 to 50	m	
最速測定速度	50	Hz	
高精度のレーザ距離計による暫定最適距離(レッドライン)の設定で、スキャン時フォーカス、スポットサイズ維持をサポートします。			

スペクトルカメラ

	VNIR-S	VNIR-HR	NIR-HR	NIR-HR+	SWIR	単位
方式	高速プッシュブルームスキャン					-
波長範囲	400~1000		900~1700		900~2500	nm
波長分解能	8	<3	<5	<5	<12	nm/FWHM
分散	1.0	0.7	3	1.5	<6	nm/pix
波長データ数 *スペクトルビンギングによる	890/445/223	830/415/210	222	500	280	
横方向の画素数	1400	1600	320	640	384	pix
ラインフレームレート	120	120	344	300	400	lfps
Smile、Keystone	サブピクセル					-
インターフェイス	GiGe				CL	-

レンズ

一度レンズのフォーカスを測定対象に合わせれば、異なる厚さの試料に合わせて、再フォーカスせずにカメラ全体の撮影距離を調節可能です。撮影距離を短く取ると、撮影範囲は狭くなり、空間的分解能を高めることができます。また、マクロ撮影を含むより高い空間的分解能を必要とする用途では、ユーザが簡単に他の焦点距離のレンズに交換することができます。レンズのラインナップの一部をご紹介します。

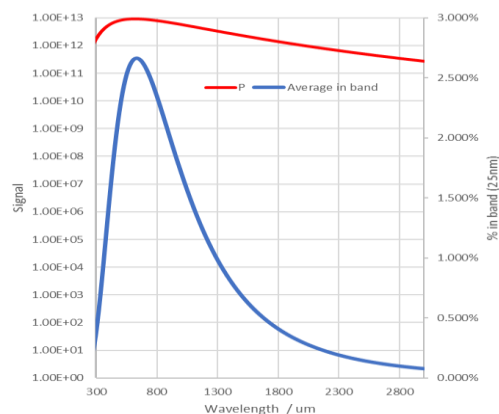
	VNIR17	VNIR23	VNIR35	VNIR50	SWIR22	SWIR30	SWIR56	単位
焦点距離	17	23	35	50	22	30	56	mm
波長範囲	400 to 1000				900 to 2500			nm
F ナンバー		f/1.4	f/2.0	f/2.8	f/2.0			-
FOV	39	29	20	13	25	18	10	deg
リニア FOV	70.6	52.2	34.3	24.0	43.6	32.0	17.1	cm/m
IFOV	1.76	1.30	0.86	0.60	1.4	1.0	0.5	mrاد
リニア IFOV	1.76	1.30	0.86	0.60	1.4	1.0	0.5	mm/m

※30um スリット

光源

対象美術品への適切で安定した照射は測定成功への絶対条件です。光源において目指すべきことは、測定に必要な波長範囲をカバーすることはもちろん、可能な限り低照度を保ちながら撮影時のカメラでの SN 比を可能な限り良いものにする事です。

仕様		単位
種類	クォーツ タングステン ハロゲン	-
色温度	4700	K
波長範囲	350~3000	nm
消費電力	50	W / bulb
スタビリティ	DC, PSU(安定化電源)	-
照射エリア	調整可能	-
角度	調整可能	-
冷却	空冷	-



ソフトウェア

設定機能	
波長選択	測定エリアの選択
波長分解能	空間分解能
ラインイメージあたりのフレームレート、積分時間	一方向、双方向スキャン
EMCCD のゲイン制御(対応機種の場合)	リアルタイムスペクトラル表示：画素又はエリア
動作中のシグナルカウントや照射位置の最適化	ウォーターフォール表示
フレームイメージとスペクトラルキューブの表示	疑似カラー表示
自動ホワイト/ダーク測定	自動計算：生データから反射率
波長補正	エクスポート：画像、スペクトラルなど
ファイル形式：BIL, BIP, ENVI 互換	

表示	解析
ウォーターフォール	分光、空間分布
画像回転	主成分分析 (PCA)
エリア選択	スペクトルアングルマッピング (SAM)
疑似カラー	サポートベクターマシーン (SVM)
ヒストグラム、レベル調整	端成分の分類
特定波長の画像	部分的最小二乗回帰 (PLS)
高解像度カラーカメラ	イメージフュージョン

その他	
ターゲット参照	校正ファイル：分光、放射量、サンプル
スペクトル及びスペクトル特性データベース（ユーザが設定）	幾何補正及びアライメント
総合的なデータや画像のエクスポート機能	高解像度フォトグラメトリやイメージモデルのインポート
マルチトラック測定	トラックへのモザイクフュージョン
ROI 選定のステージ移動	ROI 処理選択及び解析
アライメント用基準点	大型白色タイルによる補正
波長補正用ターゲット(VNIR、SWIR 領域用)	光量補正用ターゲット(グレースケール)
スペクトル特性マッピング	400Mpix 画素カメラ(オプション機能)
空間分布のダウンサンプリング(オプション)	AI、機械学習プラグインモジュール
AI、機械学習及び信号解析に対する ClydeHSI 技術者によるサポート	

その他のアプリケーション

食品：含まれる成分の量や分布を推定することができます。製品の選別や、異物の検出など、研究開発から量産品のインライン検査まで広く使用されています。

科学捜査：書類の変造された文字、犯罪における身体や体液、あざや傷が加えられた時間を明らかにすることが可能です。

工業製品の品質管理：生産ラインでの異物や不良品を検出することが可能です。

医療：組織間の差異や、異常な血流や酸素供給の検出など、幅広い用途があります。

リサイクル：赤外線を用いるとプラスチックの色に関係なく、プラスチックの種類を区別することができ、より確実で簡単なリサイクルプロセスが可能になります。

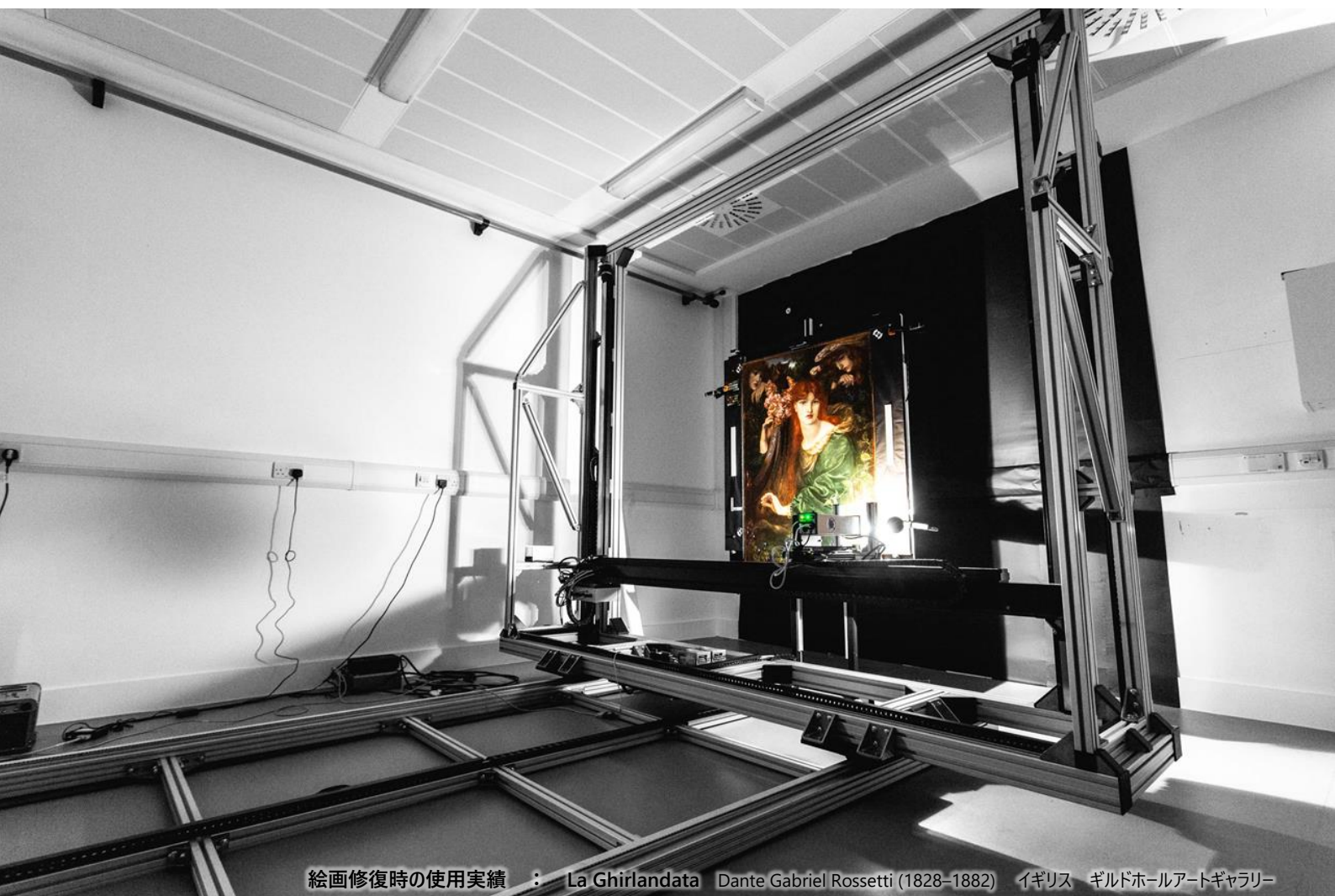


ClydeHSI 社について

ハイパースペクトルイメージングを用いたソリューションを科学分野及び産業用途に提供するために、2005 年に GILDEN Photonics 社が設立されました。その後 CAMLIN グループの CAMLIN Photonics 社として活動。2020 年 4 月に独立、ClydeHSI 社（Clyde HyperSpectral Imaging and Technology Ltd）となりました。これまでの経験や実績を生かし、食品（品質管理、安全性、製造、包装、異物検出）、法科学（犯罪現場及び研究機関）、芸術作品（絵画や文書の調査や保全）などの分野に特に力を入れています。

ClydeHSI 社の Hyperion HSI は、ハイパースペクトルカメラ、光源、スキャナなどのハードウェアが一体となっています。さらにソフトウェア spectraSENS は機器設定やデータ取得だけではなく、PCA（主成分分析）などの解析機能も有しており、インライン検査システムへの移行も容易です。研究開発から量産の検査まで対応可能なオールインワンパッケージになっています。さらに、高い技術力に基づき、ラマン、蛍光、顕微など、各種アプリケーションに対応した特注のシステムも得意としています。

技術的な課題は ClydeHSI 社に任せて、装置を利用したアプリケーションに専念して下さい。



絵画修復時の使用実績 : La Ghirlandata Dante Gabriel Rossetti (1828-1882) イギリス ギルドホールアートギャラリー

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-A06



株式会社 アイ・アール・システム

☎ 042-400-0373 ✉ office@irsystem.com 💻 irsystem.com 📍 〒206-0041 東京都多摩市愛宕 4-6-20