



ハイパースペクトラルイメージングで見える

食品の品質や安全性

ハイパースペクトラルイメージングを使用すると
一段とスマートな食品の検査が実現できます

異物の検出

光の3原色は、赤(Red)、緑(Green)、青(Blue)。太陽の光をプリズムで分けると虹の7色。でも、もっと細かい色(波長)で分けられます。さらに、目には見えない紫外線や赤外線も、波長ごとに分けることができます。それが分光です。

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、さらに分光までできる装置。それがハイパースペクトラ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。

画像処理を使った選別や検査は広く使われるようになってきています。食品のサイズ、形、色、表面状態であれば、一般的なカメラでも計測できます。しかし、ハイパースペクトラルイメージングシステムを使用すれば、一段とスマートな検査が可能になります。

食品の選別

食品の品質は1つの要因では決まるわけではなく、多数の項目が関連します。ハイパースペクトラルイメージングは、同時に複数の項目を判定でき、素早く結果を得られます。これまで困難だった検査を、非破壊+非接触で、簡単に正確に行えます。

外観だけではなく、食品に含まれる水分、脂肪、糖分、タンパク質、組成の均一性など、品質に関わる成分を推測できます。さらに、異物、混入物、汚染物質など、消費者の安全性に関わる物質を検出することも可能になります。ハイパースペクトラルによる食品検査の具体例は、中のページをご覧ください。

このような理由により、食品の評価、認証、安全性において、ハイパースペクトラルイメージングは重要な解析手段となってきています。さらに、素早く正確に検査ができるので、製造ラインにおいて客観的かつ自動化された品質評価が可能です。



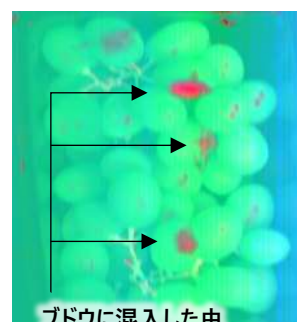
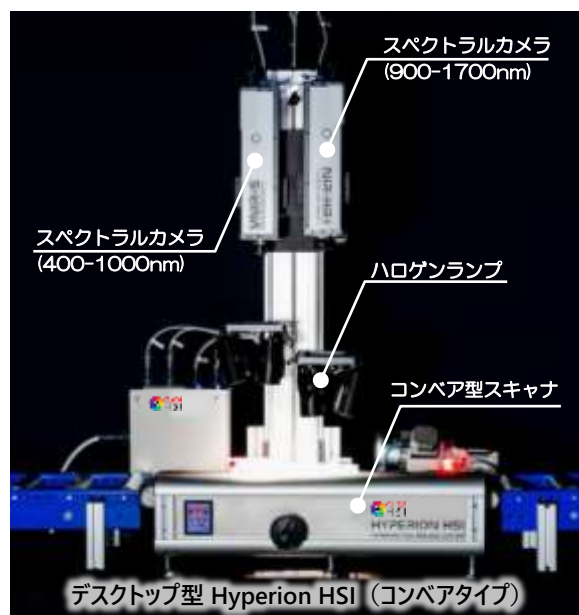
- 簡単にハイパースペクトラルイメージングを開始可能
カメラだけではなく、光源、コンベア、ソフト等が一体となったシステム
- ユーザフレンドリーで高性能なソフト：
機器の制御、測定やデータ取得はもちろん、高度な解析まで可能
- 製造ラインのオンライン検査に対応：
ロバスト性、信頼性に優れ、アプリケーションに応じたカスタムに対応
- 手厚いサポート体制：
豊富な知識や実績に基づき、研究開発から量産まで様々な段階でサポート

装置概要

ハイパースペクトルイメージングは、多くの食品の品質や安全管理において、重要な解析方法となります。必要となる装置は計測する食品や項目によって異なりますが、ClydeHSI 社では、食品計測に多く用いられる波長帯である可視～近赤外線 (400~2500nm)において、研究所から製造工程まで幅広く対応できる製品を揃えています。

ClydeHSI 社製品の特長の 1 つとして、エンドツーエンドソリューション設計が挙げられます。研究開発段階における高度な解析から製造ラインでの検査まで、幅広い段階に対応したハードウェアとソフトウェア、さらに運用後のサポートまで一貫して対応します。装置はロバスト性、信頼性、精度、再現性に優れた測定が可能で、様々なプロセスに容易に適用できます。測定から結果表示、校正モデル作成、データ解析までを 1 つのシステムで行え、食品検査に必要とされる様々なパラメータを高い信頼性と精度で迅速に取得できます。

食品における主な検査目的は、異物検出などの衛生管理や食品安全の確保、製品選別による品質の向上、歩留まりの改善や廃棄物の削減などの生産性の改善がります。そのためには、適切な IP 規格を備えた堅牢で効果的な検査装置と、安定した信頼性の高い測定が必要となります。一般的な食品加工現場でのスチーム洗浄に対応するなど ClydeHSI 社は、ハイパースペクトルイメージングなどの装置を、食品加工分野をはじめとする幅広い産業へ導入した経験が豊富です。



簡単にハイパースペクトル計測を開始できる、総合的なオールインワン・ターンキーシステムです

ハイパースペクトルイメージングの用途は近年急速に拡大しましたが、1 つの問題が残っています。サンプルの成分、量、分布を求めるためには、サンプルをスキャンして分光データを取得する必要があります。しかし、コンパクトなデスクトップ型で、スキャナを含んだ総合的な装置は多くありませんでした。

ClydeHSI 社のシステムは、スペクトラルカメラ、スキャナ、光源、レンズ、基準反射板などのハードと、機器設定、データ収集、表示、分析を行うソフトを含む、一体型ターンキーシステムです。スイッチを入れれば簡単に計測を開始できます。

標準ラインナップとして、3 種類のデスクトップ型スキャナと 5 種類のスペクトラルカメラをご用意しました。一般的なテーブルに素早くにセットアップでき、数秒で高分解能のスペクトル画像を取得できます。

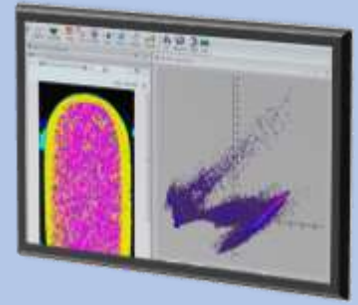
スキャナには、最大 2 台のスペクトラルカメラを搭載することができ、400~1700nm の波長帯を一度に計測できます。カメラには専用のレンズが付属します。一度レンズのフォーカスをサンプルに合わせれば、再フォーカスせずに異なる厚さのサンプルを計測できるよう、カメラ全体を動かして調整することができます。カメラをサンプルに近づけることで、測定エリアを狭くして、空間分解能が上げることが可能です。また、マクロレンズを含む対物レンズの交換は、ユーザが簡単に行うことができます。

このような使いやすさと素早いデータ取得も ClydeHSI 社の装置の特徴です。スペクトルイメージングを用いた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。

先進的なソフトウェア：ハイパースペクトルイメージングと機械学習

測定したデータをどう処理するか。これが、実際の検査を行うにあつて非常に重要になります。ハイパースペクトルイメージングでは、データ量が膨大となり、必要な情報を抜き出す作業が大変になる場合が多いためです。spectraSENS ソフトウェアには、マシンビジョンや人工知能アルゴリズムに基づいた様々な機能がデータ処理に適用されています。

機器の設定、データの取得、表示、解析、これらを別々のソフトで行う製品もありますが、spectraSENS は 1 つで全てをこなします。直感的な操作が可能で、経験のないユーザでも簡単に使い始められます。



製造ラインでの自動検査

プッシュブルームスキャン方式の採用によりラインカメラのように使えるため、ラボで確立したセットアップやデータ分析方法は、そのまま現場でのリアルタイムなオンライン検査に移行できます。直動ステージやコンベヤを使用でき、簡単に工場や実験室に導入可能です。食品工場でのスチーム洗浄に対応密閉型システムにすることも可能です。

高速での異物検出や製品選別が可能です。分光データを空間的に取得することで、色、形、寸法による欠陥や、不良品、異物の判定を行えます。似た色や形の物の中から、良品と異物の分離もできます。

高度な機械学習と分類アルゴリズムにより、製造ラインに組込んでの識別が可能です。パドルやロボットアームなどのセパレータをリアルタイムに動作させられます。バーコードリーダや計量器など、別の機器の情報を入力することもできます。プロセスライン速度を測定してカメラのラインフレームレートを調整し、正方形のピクセルが自動的に形成することも可能です。



検量線の作成

自動で異物検出や製品分別を行うためには、事前に検量線を作ることが必要になり、それには多数のサンプル測定や解析が求められます。ClydeHSI 社は、ハイパースペクトルイメージングの装置やソフトウェアを提供するだけでなく、複雑なデータ解析をサポートする体制も整えています。長年にわたり研究所や産業界で分光分析、マシンビジョン、人工知能などの実績を重ねた経験豊富な科学者やエンジニアが多数在籍しており、お客様の用途に応じたサポートを致します。

お客様の工場とネットワークで接続して、お客様のデータを元に ClydeHSI 社で作成した検量線をお客様の装置に入れることも可能です。データ解析に人員を費やすことなく、ハイパースペクトルによる自動検査の導入が可能になります。

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、コンベヤ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。



果物 と 野菜



果物や野菜の流通過程では、最終的に市場に出荷される前に、収穫、洗浄、選別、等級分け、梱包など、いくつかの検査段階があります。特に高速で処理を行うラインの場合、目視検査では小さな損傷を見落とすことがあります。また、手動での選別は、速度が遅い、コストが掛かる、バラつきが出る、効率が悪い、個人差がある、人為ミスが生じるといった問題点があります。

ハイパースペクトルイメージングは、傷や損傷、pH、可溶性固体濃度、表面の色や外観など、果物や野菜の品質管理に有効です。例えば、病原体が存在する可能性がある損傷した表皮の検出ができます。低温損傷や内部の病変などの欠陥を調べることもできます（この場合、反射光による計測だけではなく、透過光や蛍光イメージングを加えることも可能です）。また、熟成度やかたさを評価することも可能です。例えば、バナナは熟成すると皮の含水量が下がり 800～960nm の反射率が低下します。果物中の水分の測定により、食品加工における水分含有量のバラつきを抑え、安定した品質の食品を製造できます。

	測定波長帯	検査項目
リンゴ	VNIR / NIR	打撲傷の検出、かたさ、可溶性固形物、低温傷害、糖度、デンプン指数、糞便汚染
オレンジ	VNIR	可用性固形物
ブドウ	NIR	フェノール含量、糖度(° Bx)、滴定酸度、pH
ナシ	VNIR	かたさ、打撲傷
モモ	VNIR	かたさ、打撲傷、色、pH、乾燥重量
イチゴ	VNIR	打撲傷、低温障害
マンゴー	VNIR	表皮の損傷
アボカド	VNIR / NIR	乾燥物含有量
バナナ	VNIR	硬度、熟成度、可溶性固形分、含水率、色
トマト	VNIR / SWIR	打撲傷、裂果、かたさ、内部障害、熟成度
キュウリ	VNIR	打撲傷、低温障害、内部障害(透過型計測)
ブロッコリー	VNIR / SWIR	色、熟成度、糖度
ホウレンソウ	VNIR	大腸菌検出、糞便汚染
キャベツ	VNIR	細菌汚染
タマネギ	NIR	表面の損傷、Sour Skin
ジャガイモ	VNIR / SWIR	調理時間、疫病、デンプン量、糖度、汚染
ニンジン	VNIR	含水率、色
マッシュルーム	VNIR	低温障害

穀物 と 豆類



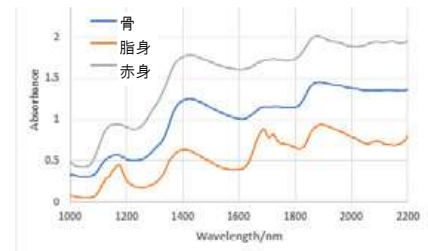
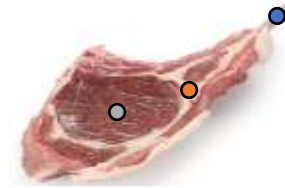
ハイパースペクトルイメージングは穀物や豆類の分野でも非常に有効な手段として活用されています。特に、高い空間分解能の高い装置を使用することで、小さな1粒1粒を判別でき、リアルタイムの評価や選別が可能になります。穀物や豆類の主な評価項目は、大きさ、形状、色、外観ですが、ハイパースペクトルイメージングを使用することにより、加工食品の機能性に最も重要な項目の1つであるタンパク質含量の推定や、化学組成、油分、オレイン酸、含水量、小麦の種類、希釈化合物の推定が可能です。また、昆虫などの混入物や、アスペルギルス・フラバス（*Aspergillus flavus*）や *Aspergillus parasiticus* によるマイコトキシンやアフラトキシンなど、健康に害を及ぼす物を選別することも可能です。

	測定波長帯	検査項目
米	VNIR	種類、ニホンコウジカビ検出、小さなプラスチックの混入
小麦	VNIR / SWIR	含水率、種類、タンパク質、フザリウム、虫害、マイコトキシンやアフラトキシンの種類
大麦	VNIR / SWIR	アフラトキシン B1、タンパク質、水分
トウモロコシ	VNIR / SWIR	アフラトキシン B1、水分、油分、オレイン酸、胚乳の硬さ、フザリウム汚染、 <i>Aspergillus flavus</i> 、 <i>Aspergillus parasiticus</i>
大豆	VNIR	色、水分
ゴマ	NIR	油分

肉 と 魚



品質や安全性に対する要求は高まり続けています。消費者は商品選択時に、色、サシ、柔らかさなどを重要視します。ハイパースペクトルイメージングは、様々な化学的特性の分布を明らかにできるので、肉や魚に含有される成分の量や分布を測定する手段として有効です。食肉にハイパースペクトルイメージングを使用することで、色、ドリップロス、pH だけではなく、鮮度、柔らかさ、脂肪、タンパク質、コラーゲン、含水量を推定できます。また、挽肉内への混入物の検出でも使用されています。



食肉中の筋内脂肪（脂肪交雑）はおいしさに直結する非常に重要な要素です。一方で、健康を意識する消費者にとっては、「脂肪の量」が重要になります。pH は、肉の色、保水能力、質感だけでなく、微生物の増殖や酵素の機能にも影響を与えます。そのため、食肉処理時にも pH を測定する必要性があります。高速で行うオンラインの家禽の検査でも、糞便、腫瘍などを検出が実施されています。また、鶏肉で問題となる残留した軟骨や小骨も高い精度での検出が可能になります。肉類は栄養成分が多いため微生物汚染の影響を受けやすく、消費者の安全性に関わります。それらを迅速かつ正確に検出する為にも有効です。

魚の品質において特に重要な鮮度の評価にも活用されています。例えば、タラ、サーモン、マスなどの鮮度、保存状態や保存時間の影響、冷蔵や冷凍の影響、血斑、メラニン沈着、切り身の小骨、アミノ酸や脂肪酸、脂質の酸化、色などを評価しています。工場での高速ラインでも広く使用されています

	測定波長帯	検査項目
牛肉	VNIR / NIR / SWIR	識別、認証、色素、pH、柔らかさ、脂肪含量、保水性、サシ、色
豚肉	VNIR / NIR	鮮度、柔らかさ、肉質、ドリップロス、色、pH、大腸菌汚染、新鮮な肉と解凍した肉の判別
鶏肉	VNIR	ウッドディプレスト、むね肉の小骨、含水量、腫瘍、傷、深胸筋変性症、糞便や消化器内容物による汚染
ラム	VNIR / NIR / SWIR	脂肪含量、pH、混入物の検出、鮮度、色、外観
マグロ	VNIR / SWIR	総脂質、脂肪酸、色、鮮度
カジキ	VNIR / NIR	鮮度
サーモン	VNIR / NIR / SWIR	鮮度、血斑、メラニン沈着、小骨、色、脂質含量、アスタキサンチン含量、残存微生物
マス	VNIR / NIR / SWIR	鮮度、血斑、メラニン沈着、小骨、色、脂質含量
スズキ	NIR	鮮度、脂質含量、水分量
タラ	NIR	鮮度
カキ	VNIR / NIR	水分、タンパク質、脂質、グリコーゲン含量、鮮度

乳製品



乳製品でも、分光特性から化学組成を測定することが可能です。例えば、NIR や SWIR の波長帯を

使用すると、脂肪、タンパク質、炭水化物の含量に基づくチーズの分類ができます。ハイパースペクトルイメージングの測定データから、硬さ、水分、脂肪の分布や、チーズの保存や安全性に関わる物質の有無を示すことができます。さらに、チーズや他の食品へのプラスチック混入の検出にも使用されています。

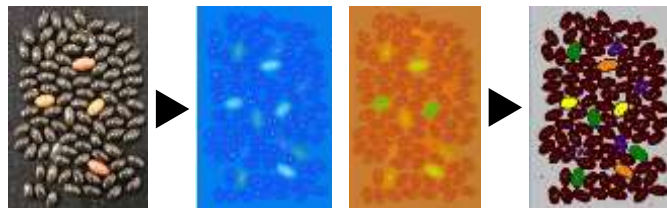


	測定波長帯	検査項目
チーズ	NIR / SWIR	タンパク質、脂質、炭水化物、水分
ミルク	VNIR / NIR	脂質、メラニン混入

機能性食品 や サプリメント



健康状態を保つために、食品の持つ機能性成分が注目されています。例えば、オメガ 3 とオメガ 6 が高い製品は、脳の健康や視力に効果があり、善玉コレステロールを増やすと言われています。オメガ 3 は、魚、オリーブ油、ニンニク、ナッツ類に、オメガ 6 は、鶏肉、豚肉、牛肉、乳製品、植物油、焼き菓子に含まれます。これらの脂肪酸を豊富に含む製品は、高付加価値なプレミアム製品となります。NIR のハイパースペクトラルイメージングは、機能性食品の同定や分類、脂肪酸含有量の定量化に使用されています。

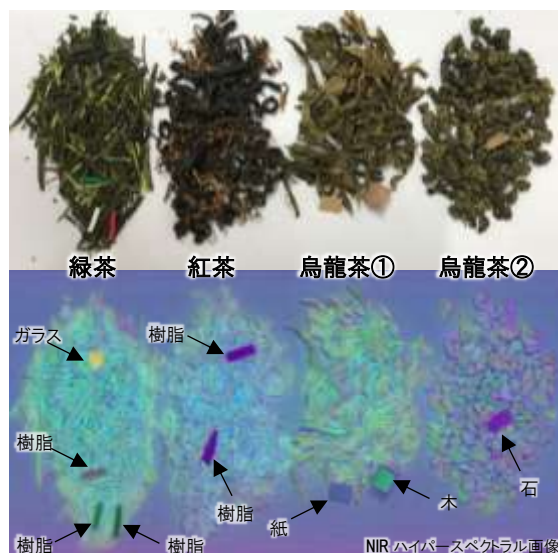


サプリメントや医薬品において、同じ設備で複数の製品を製造する場合など、異製品が混入する可能性が生じます。不透明なカプセルはもちろん、同系色の内容物の場合、目視やカラーカメラでの識別は困難です。ハイパースペクトラルイメージングでは、カプセルを透過して内容物の成分の違いを見分けられるので、混入した異製品の発見に有効です。上の写真はソフトカプセルのサプリメントに 11 粒の異なる製品を混ぜた写真です。左の可視画像では分かりにくい物も、中央の 2 枚のハイパースペクトル画像では発見できます。さらに処理を行った右側の画像では全ての異製品が識別できます。

異物の検出

近年、食品に混入した異物が大きな社会問題となる事例が多く、1 回の異物混入が、賠償や取引停止など大きな損失となる場合もあります。カメラによる画像処理、X 線、金属探知機などの異物検出装置はあるものの、発見が困難な異物もあり、作業員の目視検査に頼っている現場も多くあります。しかし、人為ミスや作業員のコストの問題だけではなく、人手不足により人員の確保自体が難しい状況もあります。

ハイパースペクトラルイメージングは成分の違いにもとづいた識別が可能なので、色や見た目が同じ異物でも検出が可能です。右の写真のように、可視カメラ画像(上)では識別が困難な、透明なガラスや、茶葉と同じような色の樹脂や石などの異物も、ハイパースペクトル画像(下)では明らかな色の違いとして検出されています。



茶葉中の異物が見える。茶葉の種類による違いもある。

その他のアプリケーション



芸術作品の保存や修復： 塗料や結合剤などの化学成分の推定や、正確な色(表色系の数値)の取得ができます。下塗り、下絵、修復跡を見る目的でも使われます。



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： 生産ラインでリアルタイムに異物や不良品を検出することが可能です。



医療： 医薬品の成分分析や有効成分の分布確認が行えます。生体組織間の差異や、異常な血流や酸素供給の検出などにも用いられます。



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、より確実に簡単なリサイクルプロセスが可能になります。



ソフトウェア仕様



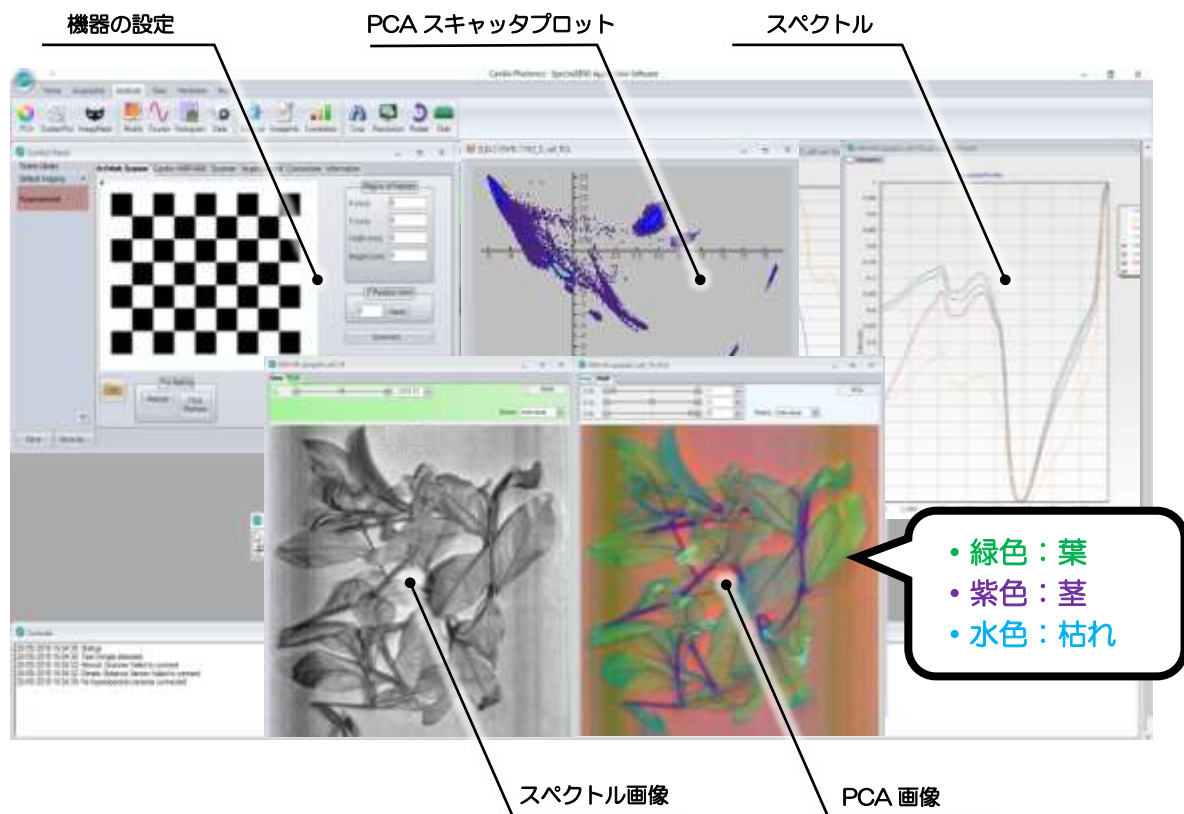
※ソフトの種類によって機能は異なります

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

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	幾何補正
校正ファイル：分光、放射量、サンプル	総合的なデータや画像のエクスポート機能
スペクトラルデータベース(ユーザが設定)	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

※上記仕様は、予告なく変更される場合があります。



ハードウェア仕様 - デスクトップ型 Hyperion HSI -

※オンライン検査向けは別途お問合せ下さい



スペクトラルカメラ	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 *スペクトルビンニングによる	892/446/223	830/415/208	250	500	-	
横方向の画素数	1400	1600	320	640	384	pix
ラインフレームレート	100	35	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	VNIR	VNIR-HR	NIR-HR	NIR-HR+	SWIR	単位
焦点距離※1	23		22			mm
波長範囲	400 to 1000		900 to 2500			nm
F ナンバー	f/1.4		f/2.0			-
測定幅	10 ※2~300					mm
空間分解能	15 ※2~200		30 ※2~1000	15 ※2~500	-	μm

※1：他の焦点距離のレンズも選択可能です。

※2：マクロレンズ使用時

光源		単位
種類	クオーツタングステンハロゲンランプ	-
動作方式	直流	-
色温度	4700	K
波長範囲	350~3000	nm
消費電力	6 x 50	W
照射エリア	調整可能	-
入射角度	調整可能	-
冷却	空冷	-

ステージ型スキャナ	A4	A3	単位
スキャン幅	250	300	mm
スキャン長さ	300	500	mm
カメラ高さ調整	200		mm
カメラ搭載数	同時に 1 台又は 2 台		-
速度(100 lfps 時) *空間分解能に依存	5 mm/s (空間分解能 50 μm の時) 50 mm/s (空間分解能 500 μm の時)		-
計測時間(代表値)	<10 s (640 x 640 pixels、250 波長データ)		-
スキャン部の幅	550		mm
スキャン部の長さ	750	1200	mm
電源	90~260V AC / 50/60 Hz		-

コンベア型スキャナ		単位
スキャン幅	250	mm
スキャン長さ	サンプルの長さに対応	-
スキャンスピード	0.2~750	mm/s

上記スキャナはサンプルを乗せて移動させます。オプションを使用すれば、スペクトラルカメラをスキャンさせて測定することも可能です。

※上記仕様は、予告なく変更される場合があります。

CHSI-F15



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