

高まる市場ニーズに応じて進化する、ラインスキャンカメラ技術

ジェームズ・キャロル

モノクロ、カラー、マルチスペクトル、SWIR、TDI、CISの各技術によって、マシンビジョン処理を解決するための複数の選択肢が、システムインテグレータに提供されている。

ラインスキャンカメラは、ウェブ検査や大きな物体の画像取得などの処理に対し、高速検査機能を提供する。ラインスキャンカメラのメーカーは、さらに高速なラインレート、高い解像度、可視域以外のイメージングといった能力の導入または改良によって、この技術を絶えず進化させている。

ラインスキャンカメラは、対象物またはカメラがレンズの視野全体を動く間に、1列(2048×1など)または複数列(2048×2など)のピクセルで、画像を取得する。システム開発者が用途に最適なものを選択できるように、無数の選択肢が提供されており、本稿では、モノクロ、カラー、マルチスペクトル、短波長赤外(SWIR)、時間遅延積分(Time Delay Integration: TDI)、コンタクトイメージセンサ(CIS)の各技術を採用したカメラを紹介する。



図1 テレダイン・イメージング社の「Linea」シリーズでは、複数のラインスキャンカメラがモノクロ、カラー、マルチフィールドのオプションで提供されている。

モノクロラインスキャンの選択肢

モノクロ画像は、欠陥検出などの処理に十分であることが実証されている。複数の企業がモノクロラインスキャンカメラを提供しており、テレダイン・イメージング・グループ社(Teledyne Imaging Group)もその1社である。

テレダイン・イメージング社の「Linea」シリーズ(図1)では、2048×1から16384×1までのCMOSセンサを搭載し、52kHz～80kHzのラインレートを備えるGigE Vision、Camera Link、Camera Link HSの各モデルが提供されている。マルチラインシリーズの「Linea mL」では、300kHzのラインレートを達成するCamera Link HS または光ファイバのインタフェースを備えた、8192×4と16384×4のカメラが提供されている。Linea mLには、パルス照明を使用したマルチフィールドイメージングを可能にする、シーケンシャル露光などの機能がある。

米JAI社は「Sweep」シリーズで、シングルセンサのモノクロモデルを2種類提供している。それぞれ4096×1と8192×1のCMOSセンサを搭載し、Mini Camera Link インタフェースでラインレートはそれぞれ200kHzと100kHzである。独バスラー社(Basler)も「racer」シリーズで、複数のモノクロモデルを提供している(図2)。これらのカメラは、GigE VisionまたはCamera



図2 バスラー社の「racer」シリーズには、2048×1から12288×1までのCMOSセンサが搭載されている。

Linkのインタフェース、2048×1～12288×1のサイズのCMOSセンサを備え、ラインレートは8kHz～80kHzである。伊アルケリア社(Alkeria)は、USB3インタフェースのモノクロカメラを開発しており、5種類のモデル(2048×1、2048×2、4096×1～3.5μmピクセル、4096×1～7μmピクセル、4096×2、8192×1)を提供している。ラインレートは最大95kHzで、オンボードの画像処理機能を備える(図3)。

米コグネックス社(Cognex)は、カメラ内で直接画像を処理する工業用組み込みカメラとして「In-Sight 9902L」を開発している。CMOSセンサを搭載し、解像度は2048×1で2048×16384(最大16384ライン)までソフトウェア設定可能か、1024×1で1024×16384(最大16384ライン)までソフトウェア設定可能である。67kHzのラインレート、In-Sight Explorerソフトウェア、イーサネットインタフェースを備える。

テレダイン・イメージング社はシングルラインカメラ「UNiiQA+Mono」で、2048×1、4096×1、16384×1のモデルを提供している。5Gbpsのデータ

レート達成する Camera Link または NBASE-T イーサネットのインタフェースを利用して、最大140kHzのラインレートを提供する (NBASE-T の 2048 × 1 と 4096 × 1 のモデル)。

同社はマルチラインの「ELiXA+」シリーズも提供している。センサオプションは、2048 × 4、4096 × 4、8192 × 2、8192 × 4、11008 × 4、16384 × 4 である。インタフェースオプションには Camera Link、2 または 4 レーンの CoaXPress、NBASE-T イーサネットがあり、ラインレートは最大200kHzである (11008 × 4 の CoaXPress モデル)。

加エマージェント・ビジョン・テクノロジー社 (Emergent Vision Technologies) は、中国ジーピクセル社 (Gpixel) 製のリニア CMOS センサ「GL0816」を搭載するモノクロカメラを提供している。このセンサは、読み出しライン2本、4本、8本で8322 × 16の解像度を備える。同社によると、最大ラインレートは水平8192ピクセルで137kHz (10GigE-SFP+ と 10GBase-T) と、200kHz (25GigE-SFP28) だという。

その他の企業が提供するモノクロカメラとしては、加ルシッド・ビジョン・ラブリズ社 (LUCID Vision Labs) の「Triton」シリーズの2048 × 1の CMOS センサ搭載モデルや、キーエンスの「XG」シリーズのカメラ (2048 × 1、4096 × 1、8192 × 1) などがある。



図3 アルケリア社は、2048 × 1、2048 × 2、4096 × 1 ~ 3.5 μmピクセル、4096 × 1 ~ 7 μmピクセル、4096 × 2、8192 × 1のモノクロラインスキャンモデルを提供している。

プリズムベースのカラー技術

対象物を識別するためにさらに細かい差別化が必要となる用途には、カラーイメージングが有効である可能性がある。例としては、食品・飲料、印刷、包装、電子部品、薬品の検査などがある。

ラインスキャンカメラでプリズムを使用するのは、色を取得するための1つの方法である。米ピラミッド・イメージング社 (Pyramid Imaging) のCEO 兼社長のレックス・リー博士 (Rex Lee) によると、プリズムを使用して入射光を R、G、B の各成分に分割する、3チップ (赤、緑、青) のカラーラインスキャンカメラは、個々のイメージセンサの解像度を維持しつつ、良好な色忠実度を実現するという。

「3チップのカラーラインスキャンカメラに2Kのイメージセンサが搭載されている場合、その解像度は維持される。単色センサにエンコーディングは施されず、すべての色が同時に取得されるためだ」とリー氏は述べている。

JAI社は「Sweep+」シリーズで(図4)、数種類の3CMOS RGBセンサのカメラを製造している。2048 または 4096 ピクセルで、Camera Link、Mini Camera Link、10GigE、SFP+ over 10GigE のインタフェースに対応し、SFP+ over 10GigE の場合で非圧縮ラインレートは最大97kHzにもものぼる。同社は8月、3種類の新しい3CMOS RGBカメラを発表した。ラインあたり8192ピクセル、インタフェースは10GigE Vision または SFP+ over 10GigE で、45kHzの非圧縮ラインレート、または70kHzのYUV圧縮出力を備える。

「センサの最大解像度を維持する以外に、プリズムカメラのセンサは単一の光学面に揃えられているため、センサライン間にスペースが存在するバイリニアやトライリニアカメラのような、



図4 JAI社の「Sweep+」シリーズは、プリズムを使用してカラー画像を取得する。3CMOS RGBセンサを使用し、2048、4096、8192ピクセルのモデルが提供されている。

視差補正やキーストーン補正は不要だ。ベルトコンベア上の仕分けやフリーフォール型の検査など、対象物の位置や速度が一定ではない用途に対して、プリズムカメラが適している場合が多いのは、そのためである」と、JAI社のラインスキャンポートフォリオ担当グローバル製品マネージャーを務めるパリトシュ・プラヤジ氏 (Paritosh Prayagi) は述べた。

プラヤジ氏はさらに、「そうした動的な動きにより、ノンプリズムカメラによる画像には、光学補正の問題に起因するカラーフリッジやハロが対象物の周囲に現れる場合がある」と付け加えた。

バイリニア、トライリニア、クアドリニアのカラー技術

ノンプリズムでリニア設計のカメラとしてはその他に、2つのリニアレイのカラーコーディングを使用する、バイリニアカラーカメラがある。各水平ピクセルに対し、3色のうちの2色のデータが存在し、オンボードの前処理機能によって、3つめの色を隣接ピクセルから補間することにより、赤、緑、青のイメージデータが送信される。ベイヤー (Bayer) 配列に似た交互パターンのピクセル配置を採用するものもあれば、緑色の列と青と赤の交互列を

使用する方法もある。

テレデザイン・イメージング社はLineaシリーズで、2048×2、4096×2、8192×2のCMOSセンサを搭載するカラーモデルを提供している。インタフェースはGigE VisionまたはCamera Linkで、ラインレートは13kHz～48kHzである。

その他の企業が提供する2列のカラーカメラとしては、アルケリア社の「NECTA USB3」（2048×2と4096×2）や、テレデザイン・イメージング社の「UNiiQA+」シリーズがある。UNiiQA+では、緑色の列と青と赤の交互列という同じ原理に基づく、解像度が2048×2または4096×2の複数のモデルが提供されている。Camera LinkとNBASE-Tイーサネットのインタフェースが提供されており、最大ラインレートは100kHzである。同社は、4列で感度を2倍にしたELiIXA+カラーカメラも提供している。こちらは、NBASE-T（4096×4と2048×4）、Camera Link（8192×4）、CoaXPress（16384×4）の各インタフェースで提供されている。

トライリニアカメラは、単一のリニアアレイではなく、1列に並んだ3つのアレイ（R、G、B）を使用して、内部補正によってすべての色を走査対象物の同一点に揃える。独クロマセンス社（Chromasens）は、「allPIXA」「allPIXA pro」「chromaPIXA」の各カメラでこの手法を採用している。allPIXAは、4096×3のトライリニアCCDカラーセンサを搭載し、60kHzのスキャンレートを達成する。

一方、allPIXA proは、2048×3のトライリニアCCDセンサを使用して、92.7kHzのスキャンレートを達成する。chromaPIXAは、センサ仕様は、allPIXA proと同じだが、sRGB、eciRGB、AdobeRGB、CIE-L*a*b*、CIE-XYZの間の内部変換が可能なカラーキ

ャリブレーション機能を備える。3つすべてのモデルで、Camera Linkインタフェースが採用されている。

JAI社のSweepシリーズのトライリニアカラーカメラは、10GigE Vision、Mini Camera Link、SFP+ over 10GigEの各インタフェースに対応し、4096×3のカラーセンサを採用している。最大ラインレートは66kHzである。

テレデザイン・イメージング社は、「Piranha4」のカラーカメラとして、5種類のCamera Linkモデルを、2048×3、4096×3、8192×3の解像度で提供している。ラインレートは70kHz×3である。同社のLineamLカメラは、Camera Link HSまたは光ファイバのインタフェースオプションを備え、8192×3または16384×3のセンサを搭載し、Camera Link HSで100kHz×3という高いラインレートを提供する。同社によると、光ファイバケーブルは、さらに長いケーブル長に対応し、工業環境における電磁放射に対する耐性があるため、高速データ伝送の信頼性を高めるといふ。

「ラインスキャン技術の迅速な進化に引き続き取り組んでいく。2021年には、次世代ラインスキャンカメラを投入し、イメージングをさらに手ごろな価格で使いやすいものにする予定だ。また、とどまることなく高まるスピードと複数画像の同時取得に対するニーズに応えるために、高性能なTDI技術の開発も継続していく」と、テレデザイン・イメージング社の市場開発担当ディレクターを務めるデール・ディーリング氏（Dale Deering）は述べた。

エマージェント・ビジョン・テクノロジーズ社は、カラーラインスキャンモデルにも、ジーピクセル社製のCMOSセンサであるGL0816（読み出しライン2本、4本、8本で解像度8322×16）を採用している。モノクロ版と同様に、



図5 クロマセンス社は「evo 10k」及び「evo 15k」のクアドリニアラインスキャンカメラとして、10240×4のCMOSカラーセンサを使用するマルチスペクトルカメラを提供している。

10GigE-SFP+、10GBase-T、25GigE-SFP28の各インタフェースに対応する。

クロマセンス社の「truePIXA」カメラは、トライリニアセンサを使用することでマルチスペクトル機能を実現している。truePIXAカメラ内で同じ視野を提供するように配置された4つのレンズによって、RGBラインセンサのそれぞれ個別の部分に画像が投影される。レンズの前のフィルタによって、RGBラインセンサのスペクトル応答性を変更される。このカメラは6または12チャンネルで開発されており、ラインセンサは最大1630ピクセルで、50.8kHzのラインレートを実現する。

クアドリニアのマルチスペクトルカメラには、近赤外（NIR）域に感度を持つ4本目のラインがリニアアレイに追加されており、RGBとNIRのイメージングが可能である。これらのカメラにも、RGBとモノクロアレイが使用されている場合がある。数社からこのようなカメラが提供されており、クロマセンス社のデュアル10GigEの「allPIXA evo 10k」カメラ（図5）は、10240×4のCMOSカラーセンサを搭載して、デュアル10GigEモードで52kHzの最大ラインレートを達成する。「allPIXA evo 15k」カメラは、15360×4のCMOSセンサを搭載して、最大ラインレートは32kHzである。

「allPIXA wave 10k」と「allPIXA wave 15k」はCamera Linkインタフェースを装備し、CMOSセンサのサイズは同じで、トライリニアアレイによって47.72kHzの最大ラインレートを達成する。

「独立したRGB出力とNIR出力を持つ、クアドリニアマルチスペクトル方式は、カメラの能力を高め、さらに幅広い検査状況における欠陥検出を可能にする。コスト削減の観点からは、システムインテグレーターは性能を損なうことなく、モノクロのNIRカメラとトライリニアカラーカメラを、単一のクアドリニアカメラに置き換えることができる」と、南北米地区セールスおよびビジネス開発担当ディレクターを務めるジェレミー・ジョーワーズ氏 (Jeremy Jowers) は述べている。

ジョーワーズ氏はさらに、「クアドリニアセンサの多用途性はそれだけにとどまらず、さらなるアレンジが可能である。例えば、allPIXA evoでは、16ブロックにアレンジを加えて、RGB +mono、mono/mono TDI、TDI RGB +monoなどのブロックを構成することで、8Kセンサを3つの異なる用途向けに設定することができる」と述べた。

JAI社のSweep+シリーズの4センサカメラは、ダイクロイック・ビームスプリッター・プリズム上に正確に配置されたセンサ



図6 浜松ホトニクス社のInGaAsカメラ「C15333-10E」は、1024×1のリニアアレイを搭載し、950～1700nmの範囲に感度を持つ。

を使用して、RGBイメージデータを可視域とNIRのスペクトルでキャプチャする。このマイクロスペクトルプリズムカメラには、Camera Link、10 GigE Vision、SFP+ over 10GigEのインタフェースオプションが提供されている。センサ解像度は2048または4096ピクセルで、最大ラインレートは72kHzである。一方、同社が8月に発表した2種類の新しい4センサ、8192ピクセルのプリズムモデルの最大ラインレートは、36kHzである。

テレダイン・イメージング社の「Piranha4 m ultispectral」シリーズのカメラは、2048×4のCMOSセンサを搭載し、モノクロ、カラー、RGB+ NIRのマルチスペクトルイメージングの選択肢が提供されている。Camera Linkインタフェースを備え、最大ラインレートは70kHz×4である。同社によると、Piranha4 m ultispectralは、ウエハレベルコーティングのダイクロイックフィルタを使用して、RGBとNIRのチャンネルを独立した出力に分離する、初めてのカメラだという。

テレダイン・イメージング社は、2048×4、4096×4、8192×4、16384×4のモデルも製造している。インタフェースオプションは、NBASE-Tイーサネット、Camera Link、CoaXPressで、最大ラインレートは100kHz (NBASE-Tイーサネットの場合) である。

SWIR域のイメージング

食品選別、異物混入検出、水分検出、密封容器内の液体レベル検査などの用途に対して、複数の企業がSWIRイメージング製品を提供している。

例えば、浜松ホトニクスは、InGaAsカメラ「C15333-10E」(図6)を提供している。1024×1のリニアアレイを搭載し、950～1700nmの範囲に感度を持ち、GigEインタフェースで



図7 プリンストン・インフリアード・テクノロジーズ社の「LineCam12」カメラは、1024×1のInGaAsセンサに基づいている。基板除去処理を利用することにより、リニアアレイに可視域(0.4～1.7μm)の応答感度を持たせている。

40kHzの最大ラインレートを達成する。

JAI社の「Wave」シリーズカメラは、2個のInGaAsセンサによるプリズム設計を採用し、1024×2のアクティブピクセルを備え、900～1700nmの範囲に感度を持ち、Camera Linkインタフェースで39kHzの最大ラインレートを達成する。

一方、テレダイン・イメージング社の「Linea SWIR」カメラは、512×1または1024×1のInGaAsセンサが選択可能で、900～1700nmの範囲に感度を持つ。GigE Visionインタフェースを備え、最大ラインレートは40kHzである。

米プリンストン・インフリアード・テクノロジーズ社 (Princeton Infrared Technologies) の「LineCam12」カメラ(図7)は、分光法、マシンビジョン、OEMボードレベルの各バージョンで提供されている。1024×1のInGaAsセンサと基板除去処理を利用することにより、リニアアレイに可視域(0.4～1.7μm)の応答感度を持たせている。USB3とCamera Linkの各バージョンが提供されており、最大解像度で37kHzのラインレートを達成する。

ベルギーのキセニクス社 (Xenics) は、InGaAsをベースとする4シリーズのカメラを開発している。そのうちの1つである「Manx R」(長方形ピクセル)は、

512、1024、または2048ピクセルのシングルラインセンサを搭載している。900～1700nmの範囲に感度を持ち、CoaXPress インタフェースで最大ラインレートは256kHzである。「Manx SQ」シリーズは、仕様は同じだが、ピクセルが長方形ではなく正方形となっている。

同社はさらに、「Lynx R」と「Lynx SQ」の各シリーズを長方形または正方形のピクセルで提供している。別の1024または2048ピクセルのシングルラインセンサを搭載し、900～1700nmの範囲に感度を持ち、Camera LinkまたはGigE Visionのインタフェースを使用して最大ラインレートは40kHzである。

米センサーズ・アンリミテッド社 (Sensors Unlimited) は、「GL2048L」や「GL2048R」(図8)を含む、4種類のInGaAsカメラを製造している。2048×1ピクセルアレイで、スペクトル応答範囲は0.99～1.61 μm である。Camera Link インタフェースを装備し、最大ラインレートは147kHz(GL2048R)と76kHz(GL2048L)である。同社の「SU1024LDH2」と「SU1024LDM」の各カメラは、1024×1ピクセルアレイを採用し、スペクトル応答範囲は0.8～1.7 μm である。Camera Link インタフェースを装備し、最大ラインレートは約92kHz(SU1024LDH2)と46kHz(SU1024LDM)である。

TDI による感度の向上

TDIイメージングは、シーンとラインセンサの間の相対的な動きに対して、時間をずらした形で同期させつつ、より多くのピクセル列にわたってシーンをオーバーサンプリングすることにより、感度を向上させる手法である。複数のラインセンサからの電荷を追加することにより、信号対雑音比(S/N比)が向上し、高い速度においても十分なコン

トラストの画像が生成される。

「対象物が最初の列の前を通過するときに、ピクセルが光子を電子に変換し、電荷を蓄積(積分)する。対象物の同じ点が2番目の列の前を通過するとき、カメラは2番目の列の光子のキャプチャを開始し、最初の列からの電荷が2番目の列に追加される」とリー氏は説明した。

リー氏は続けて、「この処理をすべての列で続けることにより、256列のTDIカメラは、最大で1列のラインスキャンカメラの256倍の感度を持つことになる」と述べた。

TDIカメラを開発している企業の1つとして、テレデザイン・イメージング社は「Piranha XL」シリーズを提供している。Camera Link HSインタフェースを備え、カラーまたはモノクロの16352×12のCMOSセンサを搭載して、125kHzの最大ラインレートを達成する。同社の最新の「Linea HS」シリーズでは、8192×128と16384×128のモデルが提供されており、32768×64の「Linea HS 32k」カメラは、2020年Innovators Awardsで唯一プラチナ賞(Platinum)を受賞した(bit.ly/VSD-2020IA)。このカメラには、同社のチャージドメイン(電荷加算型)のCMOS TDIセンサが採用されている。2つの



図8 センサーズ・アンリミテッド社は、「GL2048L」や「GL2048R」を含む、4種類のInGaAsカメラを製造している。2048×1ピクセルアレイで、スペクトル応答範囲は0.99～1.61 μm である。



図9 ビューワークス社のTDIラインスキャンカメラには、CCDベースのTDIピクセルアレイとCMOSの読み出し電子回路を組み合わせた独自のセンサ設計が採用されている。

16k×64ピクセルアレイを使用し、ピクセルサイズは5×5 μm で、最大400kHzのラインレート(13GB/秒)で、32k、2.5×2.5 μm の超高解像度画像を出力する。特許出願中のスーパーレゾリューション技術により、この32kカメラは、既存のレンズと照明を維持したままで検出能力が大幅に高められているため、顧客はレンズや照明のコストを増加させることなく、はるかに高い性能を達成することができる、同社は述べている。

テレデザイン・イメージング社の最新TDI技術である「Linea HSMultifield 16k」カメラは、ウエハレベルコーティングのダイクロイックフィルタを使用して、異なる波長を分離し、明視野、暗視野、および逆光下のイメージをシングルパスで撮像することができる。このシリーズのラインレートは、最大400kHzにもなる(8192×256と16384×256)。

韓国ビューワークス社(Vieworks)は、モノクロの「VT」シリーズを含む同社のTDIカメラ(図9)で、CCDベースのTDIピクセルアレイとCMOSの読み出し電子回路を組み合わせた独自のセンサ設計を採用している。これらのカメラは、3k～23kのセンサを搭載し、Camera Link、CoaXPress、または、GigEのインタフェースオプションを備え、最大ラインレートは300kHzである。

同社はさらに、「VTC」シリーズのカラーラインスキャンカメラとして、Camera Link、CoaXPress、またはGigEのインタフェースオプションを備えた2k TDIカメラを提供している。

浜松ホトニクスは、2種類のTDIラインスキャンカメラを製造している。「C10000-801」は、2048×128の背面照射型CCDセンサを搭載し、ラインレートは最大50kHz、Mini Camera Linkインタフェースを備える。「C10000-A01」は、仕様はC10000-801と同じだが、ボードレベルデザインのTDIカメラである。

コンタクトイメージセンサ(CIS)

別の種類のラインスキャンイメージング方法として、コンタクトイメージセンサ(CIS)カメラがある。その名前に反して、このセンサは、実際には検査時に対象物に接触することなく、近くに配置される。作動距離は、メーカーや用途によって異なるが、一般的に1mm～27mmである。CISカメラはカラーまたはモノクロで提供されており、照明とリニアアレイがカメラ内に組み込まれていて、各ピクセルの上に配置されたロッドレンズアレイが用いられる。

「例えばウェブ検査では、ウェブ幅を網羅するために、複数のラインスキャンカメラを上部からの光源とともに使用しなければならない場合がある。CISラインスキャンシステムは、1つの筐体に収まり、作動距離が短いので、そうした用途において生成される歪みが小さい」とリー氏は述べた。

三菱電機は、複数のCISセンサを開発している(図10)。例えば、「KD-CX」シリーズは、CoaXPressインタフェースを使用し、カラーとモノクロで提供されている。最大で19008×3600dpi解像度のセンサが搭載されており、スキャン幅は最大807mm、ラインレートは

91kHz(300dpi、カラー)である。「KD-AX」(モノクロ)と「KD-MX」(カラー)のモデルでは、Camera Linkインタフェースによって、8ビットのRGBカラー(ミディアム構成)で、22kHzのラインレートを達成する(最大スキャン幅:929.6mm、最大解像度:600dpi)。最大アレイサイズは、21,888×1ピクセルである。

1688mmの最大スキャン幅に対応する「KD-CXL」は、CoaXPressインタフェースを使用し、最大39744×3ラインのセンサを搭載して、600dpiで45.1kHz、150dpiで159.1kHzの最大ラインレートを達成する。一方、「KD-DXL」は、最大スキャン幅が1688mm、Camera Linkインタフェースを使用し、最大ラインレートは600dpiで53kHz(10ビット解像度)、150dpiで155kHzである。最大アレイサイズは、39744×3ピクセルである。

最後に、「KD6R106SX」シリーズのCISセンサは、モノクロのみで106mmのスキャン幅を提供する。GigE Visionを使用し、2736ピクセルのラインアレイを搭載し、最大ラインレートは6kHzである。

独ティヒャバ・ビジョン社(Tichawa Vision)は、5種類のCISセンサファミリを提供している。「MXCIS」(Maxi)シリーズは、カラーとモノクロでセンサ長は520～4160mmである。Camera LinkとGigEのインタフェースオプションを備え、最大ラインレートは60kHz、解像度は25～2400dpiである。「VSCIS」



図10 三菱電機のCISカメラは、カラーとモノクロで提供されており、1688mmの最大スキャン幅を備える。



図11 ティヒャバ・ビジョン社のVSCISシリーズのカラーまたはモノクロCamera Linkセンサは、スキャン幅は260～1960mm、解像度は25～2400dpiである。

(VARICIS standard)(図11)と「VTCIS」(VARICIS Turbo)シリーズのカラーまたはモノクロセンサは、Camera Linkを使用し、解像度は25～1200dpi、最大ラインレートは31kHz(Standard)と91kHz(Turbo)で、スキャン幅は260～1960mmである。

「VDCIS」(VARICIS Distance)シリーズのカラーまたはモノクロセンサは、解像度が500～1000dpi、最大ラインレートは45kHz、スキャン幅は300～1800mmで、Camera Linkインタフェースを備える。ティヒャバ・ビジョン社のCEOを務めるニコラウス・ティヒャバ氏(Nikolaus Tichawa)によると、60mmの作動距離と16mmの焦点深度は、このシリーズ独特の機能だという。最後に、同社は、管やパイプ内部の検査を対象とした「TUBE CIS」も製造している。このセンサは、有効センサ長が130～260mm、最大ラインレートは9kHz、解像度は200～600dpiで、Camera Linkインタフェースを備える。

市場には現在、複数の種類のラインスキャンカメラが存在し、本稿では、モノクロ、カラー、SWIR、マルチスペクトル、TDI、CISの各バージョンを紹介した。本稿で触れなかった他の種類のラインスキャンカメラとしては、ハイパースペクトル、偏光、3Dイメージングが可能なものなどがある。特定のマシンビジョン用途に対する、ラインスキャンカメラに基づくソリューションを探そうという場合に、システムインテグレータには多数の選択肢が存在する。