

マシンビジョンとイメージング 2018年トレンディングトピック

ジェームス・キャロル、欧州エディター

2018年を通して、複数の分野がホットなトピックとして新たに誕生したり、さらなる成長、発展、進化を遂げたりした。その中には、もう何年も前からトレンドとして君臨し続けているものもあれば、より最近になって人気が高まったものもある。その例としては、3Dイメージング、協調型ロボット、ディープラーニング(と、それよりも広いカテゴリとしての機械学習と人工知能)、組込みビジョン、マルチスペクトル/ハイパースペクトルイメージング、偏光イメージングなどがある。

これらのトピックがますます人気を高めるにつれて、より多くの製品や技術が開発およびリリースされ、見本市や報道で大きく取り上げられるようになった。本稿では、そうしたビジョン分野のトレンディングトピックのうち3つを取り上げ、それらの分野で提供されているいくつかの最新関連製品を紹介したいと思う。

ディープラーニング

ディープラーニングは、機械学習の1つの分野で、畳み込みニューラルネットワーク(CNN: Convolutional Neural Network)などのアーキテクチャを通して、コンピュータのトレーニングと学習を可能にするものである。ご存じのとおり、もう数年前からホットなトピックとなっている。しかし未だに、ディープラーニング製品の開発に莫大な時間とリソースを投入する企業は、マシンビジョン市場において増え続けている。

マシンビジョンおよびイメージング企業によって最近開発、発表、更新されたディープラーニング製品またはツールとしては、米コグネックス社(Cognex)の「VisionPro ViDi」、米シス・システムズ社(Cyth Systems)の「Neural Vision」、独EVT社の「Eye Vision」、韓国ラオンピープル社(Laon People)の「NAVI AI」、米マスマークス社(MathWorks)の「MATLAB」、加マトロックスイメージング社(Matrox Imaging)の「Matrox Design Assistant」、独MVTec社の「HAL CON」、韓国SUALAB社の「sua KIT」などがある。

カメラやフレームグラバなど、ディープラーニング関連のコンポーネントも、複数の企業によって開発されている。例えば、米シーバ社(CEVA)のディープラーニング用プロセッサ「NeuPro AI」、ベルギーのユレス社(Euresys)の「EasyDeepLearning」ライブラリ、加フリアーインテグレイテッド・イメージング・ソリューション社(FLIR IIS: FLIR Integrated Imaging Solutions)のディープラーニングカメラ「Firefly」、独シリコンソフトウェア社(Silicon Software)のフレームグラバ「deepVCL」などが挙げられるが、これらに限定されない。

加えて、米アマゾン社(Amazon)、米アンバレラ社(Ambarella)、米グーグル社(Google)、米インテル社(Intel)、米マイクロソフト社(Microsoft)などが最近、ディープラーニング技術に関

連する製品やプラットフォームを、リリースまたは発表している。

応用例:「Deep learning promises automotive inspection improvements」(自動車検査の向上を約束するディープラーニング)(<http://bit.ly/VSD-DLA>)。

偏光イメージング

偏光センサとカメラを導入することにより、従来のイメージング技術では検出できない隠れた材料特性を明らかにすることができる。新しい技術ではないものの、偏光カメラとイメージングコンポーネントは2018年、著しい成長を遂げて主流に躍り出た。

その少なくとも1つの要因として挙げられるのが、ソニーのCMOSセンサ「IMX250MZR/MYR」の登場である。この5.1メガピクセルのグローバルシャッターCMOSイメージセンサには、4方向の偏光フィルタ設計が採用されている。4方向(0°、45°、90°、135°の角度)の個別の偏光フィルタが、規則的なパターンでセンサ上に配置されている。

ソニーがこのセンサを発表した後、多数の企業がIMX250MZR/MYRをベースとするカメラを発表した。これには、独アライドビジョン社(Allied Vision)、独バウマー社(Baumer)、加フリアーシステムズ社(FLIR Systems)、米JAI社、加ルシッド・ビジョン・ラブズ社(LUCID Vision Labs)、独マトリクスビジョン社(Matrix Vision)、スイスのフォトンフォーカス社(Photon

カメラに搭載された推論機能による、エッジにおけるディープラーニングの活用

従来のマシンビジョン検査方法では、産業用カメラのケースなどの被検物に存在する欠陥について判断を下すのが難しい場合がある。しかし、ディープラーニングは、このような検査に対する有効な手段となる。

これを実証するために、加フリーシステムズ社は、システムの実現可能性と有効性をテストすることを目的に、費用対効果の高いコンポーネントを使用したデモを構築した。

このデモは、カメラケースの引っかき傷、不均一な塗装、印刷の欠陥を検査するものだった。このような欠陥を避けるために、産業用カメラのメーカーは、カメラケースの検査を行って、商品の外観を完璧に整える必要がある。

従来のマシンビジョンシステムに対し、一連の潜在的欠陥を特定し、どのような潜在的欠陥の組み合わせならば許容できるか、あるいは許容できないかを判断するようにプログラムするのは非常に難しい。小さな欠陥が1つだけならば許容できるかもしれないが、2つだったらどうだろうか。少し大きめの欠陥1つと小さな欠陥1つならどうか。このような主観的な検査こそが、ディープラーニング技術の適用が有効となる領域である。

ディープラーニング技術によるこの問題の解決方法をテストするために、フリー社のエンジニアは、同社の産業用マシンビジョンカメラの1つである1.6メガピクセル(MP)のUSB3カメラ「Blackfly S」を、AAEON社のシングルボードコンピュータ「Up Squared」(Celeron プロセッサ、4GBメモリ、Ubuntu 16.04を搭載)と、インテル社の「Movidius Neural Compute Stick」(NCS)とともに使用した(図1)。2017年にリリースされたNCSは、インテルによると、USBベースの「ディープラーニング推論キット兼自己完結型の人工知能アクセラレータで、エッジにおけるさまざまなホストデバイスに、専用のディープニューラルネットワーク処理機能を提供する」という。

NCSには、インテル社のビジョン処理ユニット(VPU: Vision Processing Unit)「Movidius Myriad 2」が搭載されている。このSOCには、従来型の32ビットRISCプロセッサコア2個と、独自の「SHAVE」ベクトル処理コア12個が装備されている。ベクトル処理コアは、ディープニューラルネットワークで使われる、多分岐のロジックの高速化に利用できる。「Caffe」「TensorFlow」「Torch」「Theano」など、人気の高いディープラーニングフレームワークを使用して、NCS用のニューラル



図1 システムをテストするために、フリー社のエンジニアは、産業用カメラ、AAEON社のシングルボードコンピュータ、インテル社のMovidius Neural Compute Stickを使用した。

ネットワークの構築とトレーニングを行うことができる。

ニューラルネットワークとしては「MobileNet V1」が選択された。高精度でサイズが小さく、モバイルハードウェアに対して最適化されているためである。フリー社は、TensorFlowフレームワークを使用して、0.63の重みでネットワークの構築とトレーニングを行った(MobileNetの最大重みは1である)。入力画像サイズとしては224x224が選択された。これにより、約3億2500万個のMult-Adds(積和演算)と260万個のパラメータを持つネットワークが構築された。

61件の既知の合格事例と167件の不合格事例からなる、小さなデータセットが使用された。テスト環境を慎重に設計することにより、すべての画像にわたる一貫性を最大限に高め、画像間の違いだけが欠陥となるようにした。被検物を切り替える際の誤判定を避けるために、3つめの「待機」状態が追加された。カメラケースの一部がフレームの外にはみ出していたり、何かに妨げられていたり、正しい位置に配置されていなかったりする段階を示す120の画像によって、待機クラスをトレーニングし、この状態を作成した。

トレーニングは、エヌビディア社のGPU「GTX1080」を装備するデスクトップPCで実行した。ネットワークの最適化とMovidiusグラフ形式への変換には、「Bazel」を使用した。もともとはグーグル社が開発したこのツールは、ソフトウェアの構築とテストを自動化することができる。



図2 インテル社のMovidius Myriad 2 VPUを新しいFireflyカメラに直接組み込むことにより、ユーザーがトレーニング済みのニューラルネットワークをカメラに直接搭載し、推論をエッジで実行できるようになっている。

25fpsで分類を実行し、97.3%の正解率が得られたことで、テストは成功したと判断された。その速度は、10台のカメラで3～4秒おきという手動検査で可能な速度をはるかに上回っている。

フリアー社は、ディープラーニングの実現をさらに一歩押し進め、インテル社のMovidius Myriad 2 VPUを新しい「Firefly」カメラに直接組み込んだ(図2)。このカメラは、ドイツのスタートガートで2018年11月6～8日に開催されたVISION 2018の同社ブースに出展されていた。

フリアー社は、ユーザーがトレーニング済みのニューラルネットワークをカメラに直接搭載し、推論をエッジで、独立したカメラ、ホスト、NCSに依存するシステムと同等の速度と精度で実行できるようにしている。この初期モデルには、ソニー製の1.58 MPモノクロCMOSイメージセンサ「IMX296」が採用されている。IMX296は、USB 3.1 Gen 1インターフェースを介して、 $3.45\mu\text{m}$ のピクセルサイズと最大60fpsのフレームレートを提供する。推論結果は、GPIOを介して出力するか、GenICamチャンクデータとして出力することができる。

Myriad 2 VPUとMobileNetの能力の範囲内にあるマシンビジョン分野において、299米ドルのこのカメラを導入すれば、ホストシステムは不要である。重量はわずか20g、体積は標準的な「氷サイズ」のカメラ(27mm×27mm×14mm)の半分以下というFLIR Fireflyカメラは、組み込みビジョンシステムのサイズと質量を劇的に低減することができる。

FLIR Fireflyカメラの撮像および推論実行時の消費電力は1.5Wである。さらなる処理を必要とする複雑なタスクを実行する場合や、推論と従来のコンピュータビジョン手法を組み合わせる場合でも、NCSを別個に用意する必要はない。

フリアー社によると、Fireflyカメラを利用すれば、ディープラーニング推論を簡単に導入することができるという。なじみ深いGenICamとUSB3のプロトコルが採用されているため、既存のアプリケーションに接続して、標準のマシンビジョンカメラとして使用することが可能だ。オブジェクトの分類や位置データなど、推論によって生成されたメタデータは、GPIO信号またはチャンクデータとして出力することができる。

focus)、加ピクセリンク社(Pixelink)、加テレダイナミクス社(Teledyne DALSA)などに加え、ソニー自体(英ソニーイメージセンシングソリューションズ社)も含まれる。

その他の企業から最近リリースされた偏光カメラとしては、テレダイナミクス社のライセンスキャン偏光カメラ「Piranha4」、米フォトロン社(Photron)の偏光カメラ「Crysta 2D」、米4Dテクノロジー社(4D Technology)のスナップショットマイクロ偏光子カメラ「Polar Cam」などがある。本稿が公開される

頃には、さらなる偏光カメラがそれ以外の企業からも発表されていることだろう。

応用例:「Researchers deploy polarization camera for carbon fiber inspection」(炭素繊維検査に対する偏光カメラの導入)(図1、<http://bit.ly/VSD-CFI>、画像提供:独フラウンホーファー IIS[Fraunhofer IIS])

組み込みビジョン

組み込みビジョンは、2018年に最も話題となったトピックだといっても過言

ではないだろう。2018年に限らず、ここ数年間の話題をさらっている。

組み込みビジョンシステムのコスト、サイズ、消費電力が徐々に低下するのに伴って、マシンビジョンと画像処理は、無数の新しい応用分野へとその範囲を拡大していく。多くのマシンビジョンカメラ企業がこれを認識し、組み込みビジョン市場へと事業を拡大したり、同市場における基盤を強化したりしている。組み込みビジョンカメラを開発している企業を1つ1つ列挙するのは、冗長な作業になるが、読者に改め

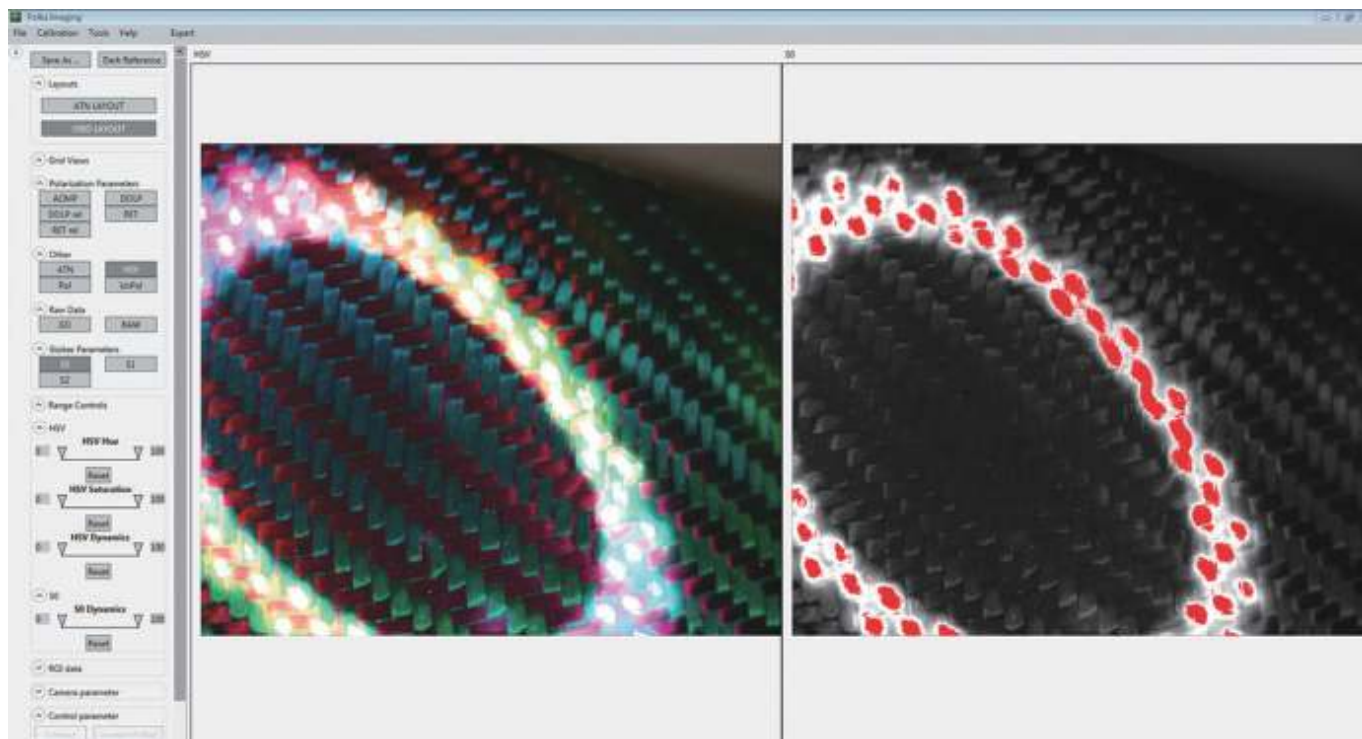


図1 偏光カメラを使用して、光沢があり湾曲した表面を画像の中から検出し、その部分の測定結果が無効である可能性を指摘する。右は輝度画像、左は偽色偏光画像に適用した様子。

て実感してもらうために、製品を最近リリースした企業の一部を、あえて以下に挙げておく。伊アルケリア社 (Alkeria)、アライドビジョン社、独バスラー社 (Basler)、パウマー社、米D3エンジニアリング社 (D3 Engineering)、インドのe-conシステムズ社 (e-con Systems)、FLIR IIS社、独IDSイメージングデベロップメントシステムズ社 (IDS Imaging Development Systems)、米ジャダック社 (Jadak)、ルシッド・ビジョン・ラブズ社、マトリクスビジョン社、米オムロン・マイクロスキャン社 (Omron Microscan)、米オープンMV社 (OpenMV)、独イメージングソース社 (The Imaging Source)、ソニー、独シミア社 (XIMEA)、独ビジョンコンポーネンツ社 (Vision Components)。

加えて、PC、ボード、開発キット、

センサ、GPU、コントローラ、ソフトウェアなどの組みビジョン製品を、この1年強の間にリリースした企業が複数存在する。その例としては、アライドビジョン社、アンバレラ社、台湾AAEON社、バスラー社、米ケイデンス社 (Cadence)、シーバ社、米クリティカルリンク社 (Critical Link)、米エピックス社 (EPIX)、独フラモス社 (FRAMOS)、米ロジックサプライ社 (Logic Supply)、マトロックスイメージング社、MVTec社、台湾ネオシステクノロジ社 (Neosys Technology)、米エヌビディア社 (NVIDIA)、ソニー、台湾ベコー社 (Vecow)、米ザイリンクス社 (Xilinx) などがある。

米インテグロ・テクノロジーズ社 (Integro Technologies) の首席ビジョンシステムアーキテクトであるディビッド・デホー氏 (David Dechow) は本

誌に対し、「組み込みコンピュータの供給が爆発的に増加している。数年前は、組み込みコンピュータを『産業用PC』として語り、当時は超最先端だったが、今では、マシンビジョンに加えて、ディープラーニングをターゲットとする、シングルボードとシステムの両方のソリューションにおいて、トレンドが見られる」と述べた。

「マシンビジョンとディープラーニングに必要なすべての機能を備えたコンピュータを、産業用プロセッサまたは組み込みプロセッサのパッケージとして入手できるのは、素晴らしいことだ」と同氏は付け加えた。

応用例: 「Low-cost components make portable fundus cameras a reality」 (低コストのコンポーネントによる、ポータブル眼底カメラの実現) (<http://bit.ly/VSD-FUND>)