ディープラーニングによる組み込みビジョンの強化

リンダ・ウィルソン

製品検査、自律型ロボット、医療機器に関するものなど、ますます多くの種類のビジョンアプリケーションがエッジにおいて出現している。

ディープラーニングを使って開発されたアルゴリズムに基づくアプリケーションが、組み込みビジョンにおける継続的な成長の促進に、少なくとも一役は買っていると、専門家は言う。

米トランスペアレンシー・マーケット・リサーチ社（Transparency Market Research）によると、組み込みビジョンの産業分野と民生分野の両方を含む全体市場は、2022～2032年の間に7.7%の成長率で拡大して、2031年までに1590億ドルに達すると予測されている。

組み込みビジョンは、画像の取得と処理として一般的に定義されており、通常は、同じハードウエア上で実行するインテリジェントなビジョンアルゴリズムによって、解析が行われる。個々のピクセルのデータを送信するのではなく、結果をさらなる解析または保存のためにコンピュータまたはクラウドに送信するというのが、その目的である。センサと画像処理ボードは通常、特定用途向けに最適化されている。「送信するのは結論であり、すべてではない」と、英アイディーテックエックス社（IDTechEx）の主席技術アナリストを務めるマシュー・ダイソン氏（Matthew Dyson）は説明した。

データ転送量を減らすことにより、データ処理は高速になり、必要な消費電力とコストは抑えられる。多くのSaaS（Software as a Service）ソリューションのように、クラウド空間をレンタルしている場合は、特にこれが当てはまる。

「組み込みビジョンは、既存機能を組み合わせて追加のメリットを得るためのアプローチを表している」と、ダイソン氏は説明した。

「私が思うに、組み込みビジョンはマシンビジョンのサブセットであり、従って、私が行っているのはマシンビジョンなのだが、それを現場（in situ）で行っているということだ」と、同氏は付け加えた。

組み込みビジョンが意味をなす分野とは、問いかける質問集合が限定的かつ一貫的で、低遅延が重要な分野である。例えば、形状や製品の向きの識別を伴う産業分野のインライン検査である。「似たような物体を検査したり、似たようなタスクを実行したりする任意の分野に、これが適用できると思う」と、ダイソン氏は述べた。

ディープラーニングの役割

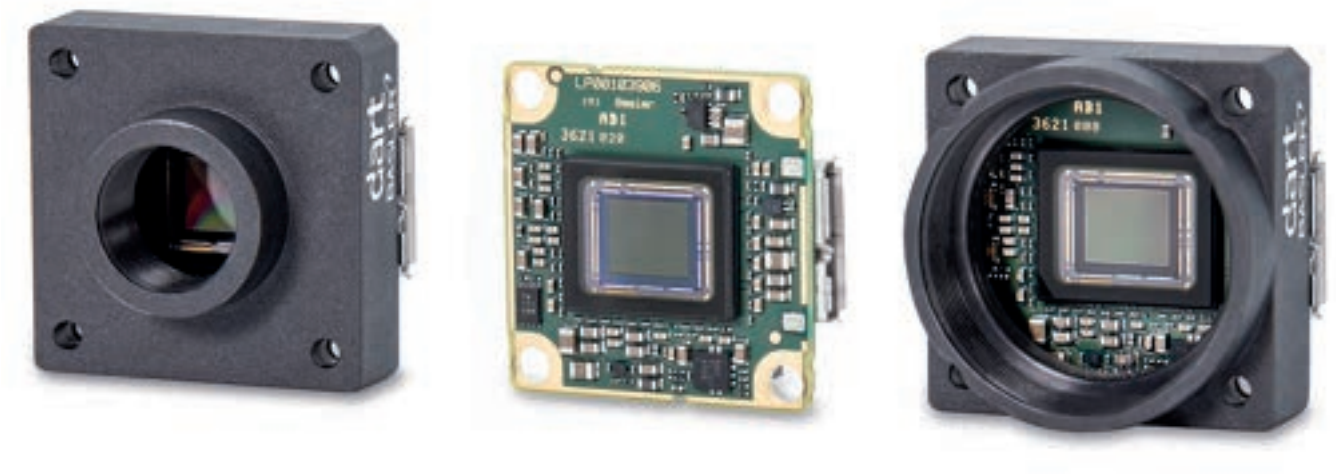
ディープラーニングは一般的に、複数のニューラルネットワークを使用する機械学習のサブフィールドである。したがって、ディープラーニングには、莫大な演算能力、メモリ、ストレージが必要になる。そのため、ディープラーニングをエッジデバイスで使用するのはやや問題がある。組み込みデバイスは、必要リソースが少ない用途向けに設計されているためだと、米オートメーション・ドクター社（Automation Doctor and Vision System Doctor）の創業者であるデビッド・ワイアット氏（David Wyatt）は説明した。

カメラ開発を手掛けるイーコン・システムズ社は最近、ToFカメラ「DepthVista MIPI_IRD」を発表した（写真提供：イーコン・システムズ社）

「では、どうすればディープラーニングのメリットを、それらの前線部隊（エッジデバイス）に届けられるか。最初のソリューションは、ディープラーニングをエッジで行わないというものだ。エッジデバイスを、データを収集するためのスワームとして使用し、ディープラーニングは別の場所で行う。その結果を刈り込み、蒸留し、絞り込んで、エッジに収まる小さなサイズに縮小する」と、ワイアット氏は述べた。

それが今日行われていることであり、AIを活用する組み込みビジョンアプリケーションが、検査や自動化におけるまさにこの問題に対処するように設計されるのは、そのためである。

米エッジAI・アンド・ビジョンアライアンス社（Edge AI and Vision Allian



「Basler dart」カメラは、ベアボード、Sマウント、CSマウントとして提供されている(写真提供:バスラー社)

ce)の創業者で、この話題を扱う年次サミットを主催するジェフ・ビーア氏(Jeff Bier)は、これをさらに詳しく説明して、「ディープラーニングを活用する、文字通り数千もの新しい組み込みビジョンアプリケーションが、ほぼすべての業界にわたって存在する」と述べた。

コンピュータビジョン開発者を対象とした同社の最新調査では、回答者の83%が、組み込みビジョンに基づく製品にディープラーニングを使用していると述べた。

エッジにおけるアプリケーション

その例としては、自律型ロボットやドローンがある。そこでは、障害物の識別などのように、ビジョン関連の同じ質問に対して、素早く繰り返し回答することが重要である。

例えば、工場フロアや倉庫において、コボットとして知られる、人間と同じ空間で働くロボットは、ルートプランニングと障害物回避を拠り所とする。そのために通常は、ライダ、超音波、2Dおよび3Dカメラなど、多数の冗長なセンサを搭載している。ディープラーニング対応のアルゴリズムを、そうしたシステムに使用できる可能性があると、ダイソン氏は説明した。

「それらは明らかに、自分の位置、同じ空間にいる人間の位置、人間が行っている作業を適切に認識する必要がある」と同氏は述べた。

もう1つの例が、自律型ドローンだが、こちらはより将来的なユースケースである。人間の補助なく飛行するために、組み込みビジョンアプリケーションを拠り所にすることになる可能性が高い。「オペレータがいないので、樹木、危険性、鳥、他のドローン、電線、天候のすべてを、自律的に認識する必要がある。そのすべてのデータをクラウドに送信して処理してもらうというわけには、おそらくいかないだろう。小さなデバイスの中で非常にすばやく結論を導き出す必要がある」と、ダイソン氏は述べた。

特にディープラーニングについてビーア氏は、慢性的な病状をモニタリングするためのデバイスの開発にディープラーニングが適用されていると指摘した。米アルファベット社(Alphabet)の子会社である米ベリリー・ライフ・サ

IDS社の「IDS NXT 3.0」ソフトウエアにより、カメラはAIを活用して自律的に異常を検出することができる(写真提供:IDS社)

ロンダ･ソフトウエア社は、安全走行システムの開発に適したオフザシェルフ製品であるADASカメラ「EVK」を提供している（写真提供：ロンダ･ソフトウエア社）

イエンシズ社（Verily Life Sciences）は、同社が開発した腕時計型バイオセンシングデバイスを補完するアルゴリズムを開発した。このデバイスはセンサを使用して、心拍数や発汗などの生体計測健康情報を収集する。ディープラーニング対応のアルゴリズムをこの生体情報に適用することにより、PTSDやうつ病やパーキンソン病といった慢性的な病気を患う人々の病状の変化を予測したいと、ベリリー社の研究者らは考えている。

ワイアット氏は、エッジにおけるビジョンアプリケーションは進化し、それを支えるエッジコンピューティングデバイスが設計されるにつれて、ますます複雑になっていくと述べた。「最終的には、さらにスマートで強力なエッジデバイスが登場すると考えている。プロセッサ設計には、飛躍的進歩の余地が常に存在する」と同氏は述べた。それによって、エッジで利用できる、ニューラルネットワーク用のリソースが増加する。

「この成長によって境界線は曖昧になり、エッジステーションは、適切に接続されてインテリジェンスを搭載する従来のビジョンシステムに、ますます近づいていく可能性がある」と、ワイアット氏は述べた。

カメラ、センサ、ソフトウエア

ベンダーは、エッジアプリケーションに対するこの需要の高まりに応えて、カメラやセンサなど、それを実現する製品を提供している。

ビーア氏は次のように説明した。「膨大な数の新しいアプリケーションが開発または計画されていることから、技術サプライヤーは、その構成要素となる幅広い種類のコンポーネントに投資している。イノベーションが活発に行われている1つの分野が、要件の高いディープラーニングアルゴリズムを、十分に低いコストと消費電力で実行することのできる、エッジプロセッサである。開発ツールの改善にも多大な投資が行われており、それによって製品設計者は、関連するアルゴリズムとコードの細部を必ずしもすべて習得する必要なく、より簡単にディープラーニングを設計に組み込むことができるようになる」。

以下では、いくつかの製品に関する情報を紹介する。

例えば、米イーコン・システムズ社（e-con Systems）は最近、屋内と屋外の両方の組み込みビジョンシステム向けに設計された、ToF（Time of Flight）カメラ「DepthVista MIPI_IRD」を発表した。最大12 m（デフォルトで6m）のスケーラブルな深度範囲を備えている。このカラーカメラは、MIPI CSI 2インタフェースを使用して米エヌビディア社（NVIDIA）の「Jetson AGX Orin」または「AGX Xavier」に接続する。940nmと850nmの赤外波長をサポートする。解像度は30fpsで640×480、ピクセル

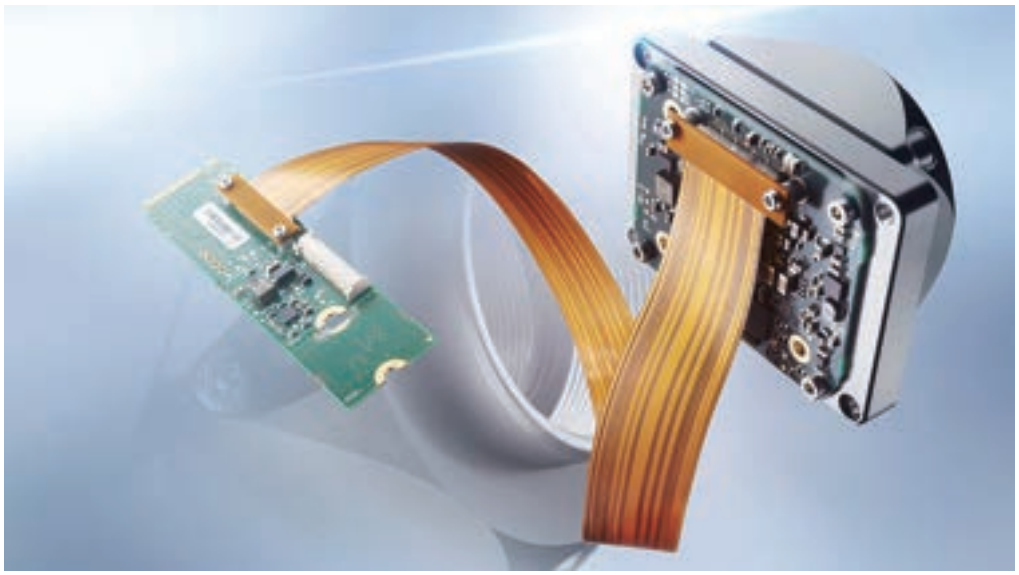
テレダインe2v社は、200万画素の「Optimom」カメラを発表した。このカメラは、独自のMIPI CSI-2プロトコルと標準のFPCコネクタを備え、組み込み処理ボードに直接接続できる（写真提供：テレダインe2v社）

サイズは5.6×5.6μm、センサアクティブ領域は640H×480Vである。

独IDSイメージングデベロップメントシステムズ社（Imaging Development Systems：IDS）は、「IDS NXT」カメラ用の「IDS NXT 3.0」ソフトウエアをリリースした。このアップデートにより、カメラはAIを活用して自律的に異常を検出することができる。

アップデートされたこのソフトウエアのメリットは、エンジニアは「良い」画像のみを使用してトレーニングを行うことが可能で、新しいアプリケーションの開発時間が短縮されることである。IDS社は、分類結果に影響を与える画像内の領域を示すマップによって、トレーニングプロセスの透明性も改善している。「これによってユーザーは、ニューラルネットワークをカメラに展開する前に、トレーニングエラーを検出して除去することができる」と、同社は説明している。

IDS社のこのソフトウエアでは、ブロックベースのエディタのコード読み取り機能も更新されている。これによ



マトリックスビジョン社の「mvBlueNAOS4」モデルの解像度は、510万～2460万画素である（写真提供：マトリックスビジョン社）

ってカメラは、さまざまな種類のコードを特定し、識別し、読み取ることが可能になっている。

独バスラー社（Basler）は、多くの組み込み処理プラットフォームと互換性のある、「Basler dart」カメラの12種類の新モデルを発表した。これらのカメラは、CSマウント版とベアボード版でも提供されている。

モノクロとカラーで提供されているこれらのカメラモデルには、「Pregius」シリーズの「IMX287」センサまたは「IMX273」センサが搭載されている。フレームレートは、VGAで525fps、1.6MPの解像度で227fpsである。USB 3.0とBCON for MIPIインターフェースに対応している。小型かつ軽量で、ベアマウント版のサイズは27×27mm、重量は5gである。

ケーブル、レンズ、アダプタを含む、組み込みビジョンアドオンキットが提供されている。

米ロンダ・ソフトウエア社（Rhonda Software）は、安全走行システムの開発に適したオフザシェルフ製品であるADASカメラ「EVK」を提供している。エッジAIビジョンSoC（System on Chip）「Ambarella CV25」をベースとするこのカメラは、自動運転用のビジョンAI技術を提供する、イスラエルのブロードマン17社（Brodmann17）と共同開発されたものである。

ブロードマン17社のソフトウエアは、演算能力を節約することにより、カメラ上でのリアルタイムのエッジビデオ処理を可能にする。このプラットフォームは、カメラによってすべて収集されて、ADAS認識ソフトウエアによって検出された、路上事象に関する予測通知を行う。ADASには、前方衝突警告や車線逸脱防止支援に加えて、歩行者と車両を検出する機能が含まれている。

一方、英テレダインe2v社（Teledyne e2v）は2022年秋に、200万画素の「Optimom」カメラを発表した。「Optimom 2M」は、独自のMIPI CSI-2プロトコルと標準のFPCコネクタを備え、組み込み処理ボードに直接接続することができる。1辺25mmの正方形の外形により、制約のある機械システムに収めることが可能である。モノクロとRGBで提供されているこのカメラには、テレダインe2v社独自の、200万画素のグローバルシャッターイメージセンサが搭載されている。要件に応じたフォーカス済みのレンズを既に装着した状態で提供するオプションが用意されている。M12（Sマウント）レンズに対応する。解像度は1920 x 800である。

独マトリックスビジョン社（MATRIX VISION）も、組み込みビジョンアプリケーション向けの新しいカメラモデルをリリースしている。「mvBlueNAOS4」は、ソニーの「Preguis S」センサを対象に設計されている。GenICam対応のソフトウエアサポートによって、既存の画像処理プログラムとの互換性が確保されている。新しいmvBlue NAOS4モデルの解像度は、510万～2460万画素である。これらのカメラは、PCI Expressを画像転送に使用し、コンピュータや組み込みプロセッサボードのメモリとプロセッサに直接アクセスすることができる。

組み込みビジョン関連の上記やその他の製品の詳細については、本誌ウェブサイトのBuyers Guide（www.vision-systems.com/directory）を参照してほしい。

VSDJ