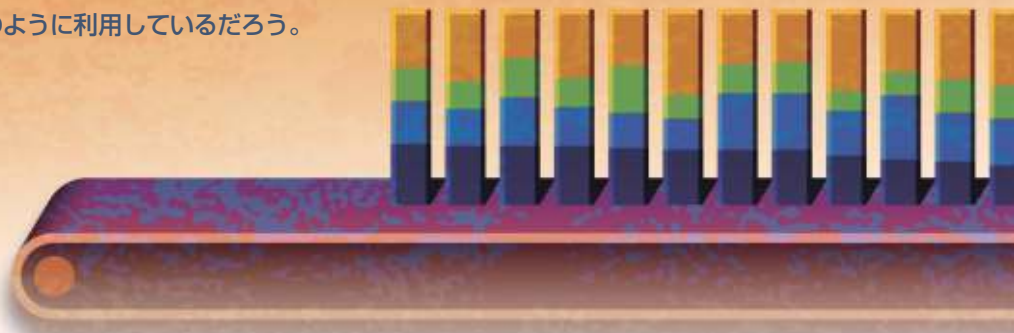


マシンビジョン最先端技術の利用実態調査

ジェームズ・キャロル

どのような業種または応用分野で誰がどのように利用しているだろう。



2020年以降のマシンビジョンの主要設計トレンドを明らかにするために、本誌は「Solutions in Vision 2020」という世界規模の読者調査を実施した。320人のマシンビジョン専門家の協力を得たこの調査と本稿は、ディープラーニング、マルチスペクトル／ハイパースペクトル、偏光、組み込みビジョン、3Dイメージング、コンピューショナルイメージングの各最先端技術が、本誌の読者によってどの程度利用されているかを知る手がかりになるだろう。また、この調査では、本誌の読者が現在遭遇しているいくつかの主要な課題と問題にも焦点を当てた。

ディープラーニング

ディープラーニングは間違いなく、マシンビジョンの最先端トレンドの1つとなっているが、いったいどれだけの人がこれを利用しているのだろうか。

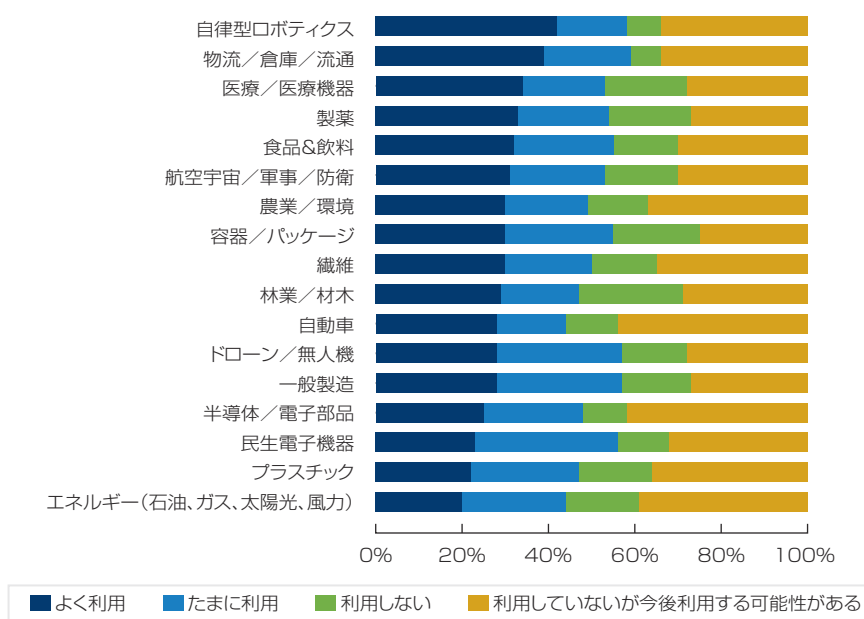
OEM／マシンビルダーの間では、73%という高い割合でディープラーニング技術が現在利用されており、35%

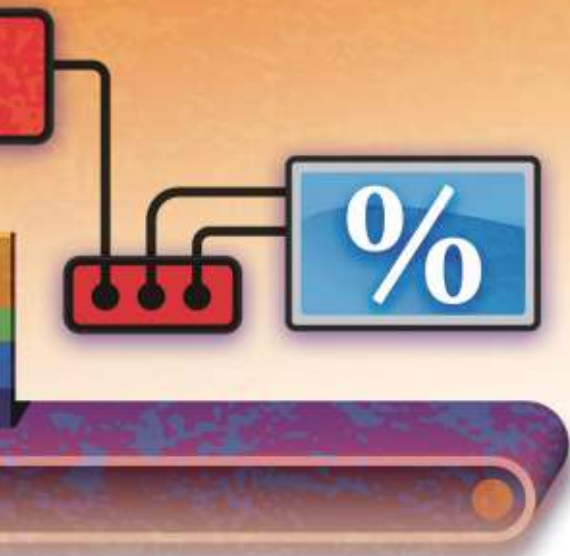
がよく利用すると回答し、38%がたまに利用すると回答した。システム統合を手掛ける企業の回答者では、よく利用すると回答したのは41%、たまに利用すると回答したのは19%で、利用していないが今後利用する可能性がある

と回答したのは32%だった。つまり、システム統合に従事する人の92%が、ディープラーニングを利用しているか、今後利用する可能性があるということになる。

研究開発 (R&D) 従事者では、ディ

ディープラーニング技術をどの程度利用していますか(業界別)





ープラーニングを現在利用しているのは60%だったが、今後利用する可能性がある人と回答した人を合わせると94%だった。ディープラーニングを現在利用している人の割合が60%未満だったのは、エンドユーザー／メーカーのみで、34%だった。

ディープラーニング技術の利用割合（よく利用するとたまに利用するの合計）が最も高かった業界は、物流／倉庫／流通の59%で、自律型ロボティクスが58%、自動車は57%でそれに続いた。これらの業界の中で、よく利用すると回答した人の割合は、自律型ロボティクスで42%、物流／倉庫／流通で39%だった。ディープラーニングを現在利用している人と今後の利用を検討している人を合わせた割合は、物流で93%、自律型ロボティクスで92%、半導体で90%だった（グラフ参照）。

応用分野別では、現時点でディープラーニング技術の利用割合が最も高かった分野については、やや意外な結果が得られた。最も利用割合が高かった

のは、赤外イメージングで67%だった。拡張現実（AR）／仮想現実（VR）が66%、無人／自律型機器とX線イメージングがそれぞれ65%でそれに続いた。ディープラーニングを現在利用している人と今後利用する可能性がある人を合わせた割合が最も高い分野は、リモートセンシング（96%）、ウェブ検査と物流／倉庫／流通（95%）、赤外イメージングと誘導／追跡（ガイダンス／トラッキング）システム（94%）だった。ディープラーニングの利用が最も低い分野は、おそらく予想どおりで、ライフサイエンスと科学捜査（それぞれ21%）、医用イメージング（17%）、計測／測量（15%）だった。

データ処理要件が高いのがディープラーニングの課題だが、調査結果からは、本誌読者の多くがその解決策を見出していることがわかった。実行可能な解決策を実際に導入している状態を1、何の解決策も見つかっていない状態を5として、5段階評価で状況を尋ねたところ、1または2と回答したのは54%、どちらともいえない（3）と回答したのは26%、実行可能な解決策はまだ見つかっていない（4または5）と回答したのは20%だった。

マルチスペクトル／ハイパースペクトルイメージング

これらの最先端技術については、本誌調査によると、現時点で最もよく利用しているのはR&D従事者だった（現在利用しているのは58%で、よく利用するが24%、たまに利用するが34%）。

2番目に利用割合が高かったのはOEM／マシンビルダーで45%（よく利用するが24%、たまに利用するが21%）、続くシステム統合企業は43%（よく利用するが22%、たまに利用するが21%）だった。

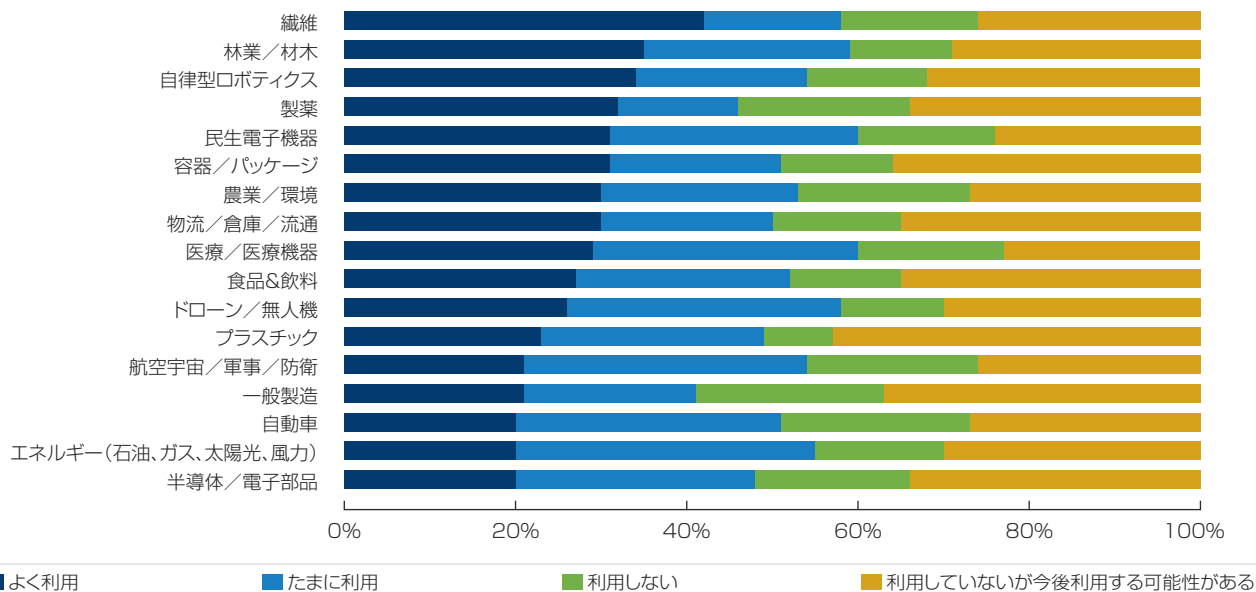
奇妙なことに、OEM／マシンビルダーの31%が同技術をまったく利用しないと回答したが、24%は今後利用する可能性があるとした。これらの技術を最も利用していないのはエンドユーザー／メーカーで、33%がまったく利用しないと回答した。

マルチスペクトル／ハイパースペクトルイメージング技術をよく利用すると回答した人の割合が高かった業界部門は、上から順に、繊維（42%）、林業／木材（35%）、自律型ロボティクス（34%）だった。利用割合が最も高かったのは、民生電子機器と医療／医療機器（それぞれ60%）で、林業／木材が59%でそれに続いた。プラスチック業界は、利用割合はそれほど高くなかったが、43%が今後利用する可能性がある人と回答し、現在利用している人と今後利用する可能性がある人の合計は92%で、同技術を将来的に実行可能と捉えていることがうかがえた（グラフ参照）。

マルチスペクトル／ハイパースペクトルイメージング技術を利用しないと回答した人の割合が最も高かった業界は、自動車と一般製造でそれぞれ22%、航空宇宙／軍事／防衛、農業／環境、製薬の各業界が20%でそれに続いた。興味深いことに、農業／環境業界で同技術を利用していると回答した人は、同技術を高く評価しており、67%が同技術は現時点で非常に重要であると回答した。繊維業界と製薬業界でも、それぞれ64%と63%の人がそのように回答した。

応用分野別では、よく利用すると回答した人の割合が最も高かったのはX線イメージングで44%、以下、マルチスペクトル／ハイパースペクトルイメージングが41%（これは奇妙な結果だった）、科学捜査が39%だった。利用

ハイパースペクトル/マルチスペクトルイメージング技術をどの程度利用していますか(業界別)



割合が高かったのは、上から順に、X線(76%)、マルチスペクトル/ハイパースペクトルイメージング(73%)、無人/自律型機器(65%)だった。今後利用する可能性があるとして回答した人の割合が高かったのは、物流/倉庫/流通(41%)、誘導/追跡システム(39%)、インテリジェント交通(35%)だった。おそらく意外なことに、利用しないと回答した人の割合が高かったのは、ファクトリオートメーション(29%)、科学捜査(23%、この業界は、よく利用する人の割合でも第3位だった)、ライフサイエンス(22%)だった。

インテリジェント交通は、同技術が現時点で非常に重要であると回答した人の割合が最も高く、67%だった。物流/倉庫/流通が57%、ライフサイエンスが54%でそれに続いた。

マルチスペクトル/ハイパースペクトルイメージングの利用時に遭遇する技術課題が、利用率が中程度にとどまっている原因なのかもしれない。課題に遭遇していないを1、非常に大きな課

題に遭遇しているを5として、5段階評価で状況を尋ねたところ、35%が1または2、30%が3、35%が4または5と回答した。実行可能な解決策の5段階評価では、49%が1または2、24%が3、27%が4または5(実行可能な解決策が見つからない)と回答した。

(本誌2019年12月号P26「マルチスペクトル/ハイパースペクトルカメラ、産業用イメージングの範囲を拡大」を参照のこと)

偏光

偏光イメージング製品は、ここ数年で飛躍的に人気を高めているように見えるが、どれだけの人が実際に利用しているのだろうか。本誌の調査結果によると、システム統合企業の61%がこれを利用しており、よく利用するが26%、たまに利用するが35%だった。OEM/マシンビルダーが59%(よく利用するが35%、たまに利用するが24%)でこれに続いた。R&D、エンドユーザー/メーカー、ベンダー/サブ

ライヤーの利用割合ははるかに低く、利用しないと回答した人の割合は、それぞれ30%、39%、43%だった。

ただし、R&Dとエンドユーザー/メーカーのそれぞれ27%と22%が、この技術を今後利用する可能性があるとして回答した。

偏光イメージング技術をよく利用すると回答した人の割合が最も高かった業界部門は、半導体/電子部品と繊維でそれぞれ33%、民生電子機器と製薬がそれぞれ32%でそれに続いた。利用しないと回答した人の割合が高かったのは、上から順に、エネルギー(31%)、物流/倉庫/流通(28%)、航空宇宙/軍事/防衛と自律型ロボティクス(それぞれ27%)だった。今後利用する可能性があるとして回答した人の割合が高かったのは、上から順に、プラスチック(29%)、一般製造(25%)、ドローン/無人機(24%)だった。

応用分野別では(グラフ参照)、偏光イメージング技術をよく利用すると回答した人の割合が高かったのは、上か

ら順に、X線イメージング(44%)、物流／倉庫／流通(37%)、ウェブ検査(34%)だった。たまに利用すると回答した人の割合も高く、ライフサイエンスで46%、医用イメージングで42%、赤外イメージングで40%だった。利用しないと回答した人の割合が高かったのは、上から順に、セキュリティ／監視(41%)、X線イメージング(興味深いことに31%もあった)、ファクトリオートメーションとAR/VR(それぞれ28%)だった。今後利用する可能性があるという回答した人の割合が高かったのは、上から順に、リモートセンシング(31%)、モーション解析(28%)で、プロセス制御、誘導／追跡システム、インテリジェント交通がそれぞれ26%でそれに続いた。

重要性については、偏光技術が現時点で非常に重要と回答した人の割合が高かった応用分野は、上から順に、物流／倉庫／流通(47%)、リモートセンシング(40%)、インテリジェント交通

(36%)だった。この数値は、現在は利用していないが今後利用する可能性があるという回答した人の割合と相関性がある。現時点でやや重要と回答した人の割合が高かったのは、ライフサイエンス(72%)、X線イメージング(70%)、バイオメトリクス(61%)だった。反対に、重要でないという回答した人の割合はかなり低く、2ケタを占めたのは誘導／追跡システム(13%)だけだった。

実行可能な解決策の5段階評価では、50%が1または2、24%が3、26%が4または5(実行可能な解決策が見つからない)と回答した。

偏光技術の利用を検討する人々が、その課題を克服できれば、この技術の利用は高まる可能性がある。遭遇している課題の5段階評価では、42%が1または2、34%が3、24%が4または5(非常に大きな課題に遭遇している)と回答した。

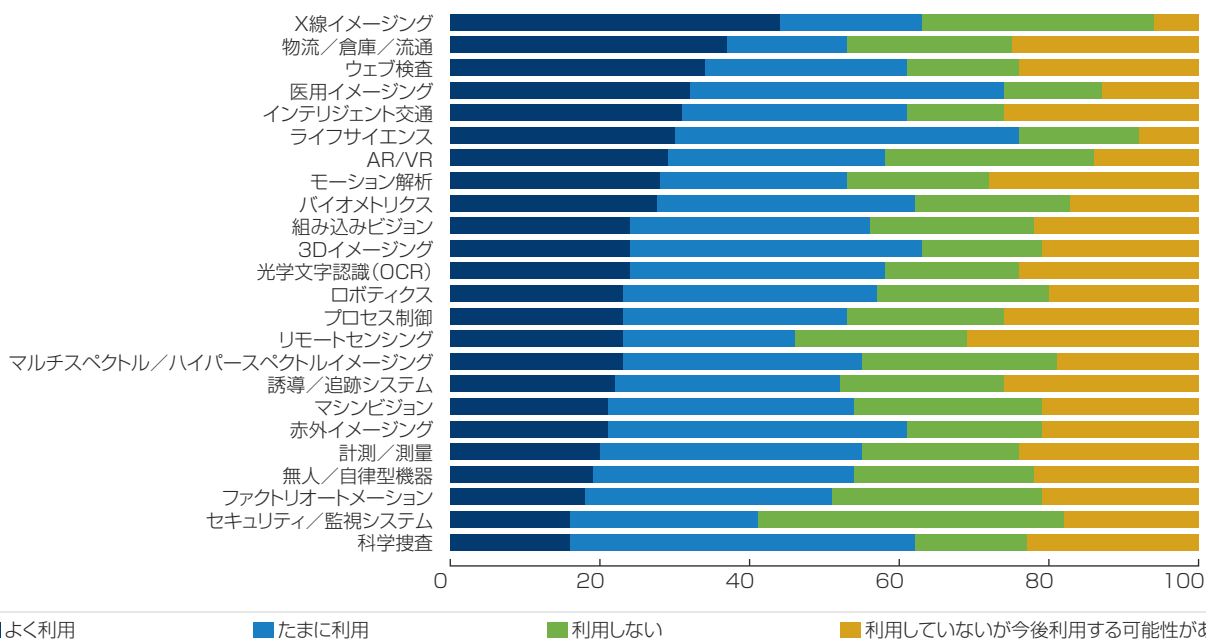
偏光技術に精通している人や今後の利用を検討している人ならば、この技

術が、光沢のある反射性金属部品の検査に有効であることをご存じだろう。そうした検査に絞って遭遇している課題の5段階評価を求めたところ、1または2の割合は30%、3は22%で、4または5(非常に大きな課題に遭遇している)と回答した人の割合は48%にも上った。

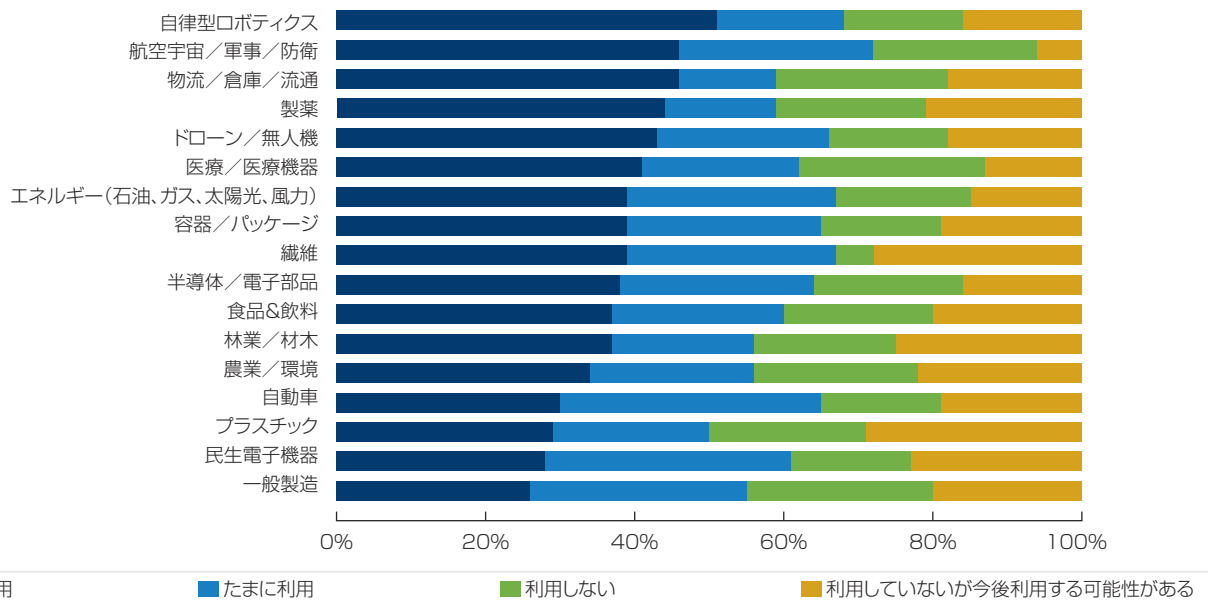
組み込みビジョン

本誌調査の回答者によると、組み込みビジョンを利用している人のほうが利用していない人よりも多かった。どの企業種別でも50%以上が組み込みビジョンを導入しており、よく利用すると回答した人の割合は、R&Dとベンダー／サプライヤーで39%、システム統合企業で38%だった。しかしその一方で、ベンダー／サプライヤーの29%、エンドユーザー／メーカーの24%が、まったく利用しないと回答した。利用割合が最も高かったのはR&Dで65%、システム統合企業が

偏光イメージング技術をどの程度利用していますか(応用分野別)



組み込みビジョン技術をどの程度利用していますか(業界別)



63%、OEM / マシンビルダーが59%でそれに続いた。

ベンダー / サプライヤー、システム統合、R&Dの各企業種別で、組み込みビジョン技術を現時点で非常に重要と考える人の割合は高く、それぞれ60%、47%、44%だった。

業界別でも、すべての部門で利用割合は50%を超えた(グラフ参照)。利用割合が最も高かったのは、航空宇宙 / 軍事 / 防衛で72%だった。自律型ロボティクス(68%)、エネルギーと繊維(それぞれ67%)がそれに続いた。組み込みビジョンをよく利用すると回答した人の割合が高かったのは、自律型ロボティクス(51%)で、航空宇宙 / 軍事 / 防衛と物流 / 倉庫 / 流通がそれぞれ46%でそれに続いた。今後の利用を検討している人の割合が最も高かったのは、上から順に、プラスチック(29%)、繊維(28%)、民生電子機器(23%)だった。

多くの業界で、50%以上が組み込みビジョン技術は現時点で非常に重要と回答した。その割合は、製薬で60%、

農業 / 環境で58%、ドローン / 無人機、プラスチック、自律型ロボティクスでそれぞれ53%、航空宇宙 / 軍事 / 防衛と物流 / 倉庫 / 流通でそれぞれ52%、エネルギーと繊維でそれぞれ50%だった。繊維業界では、残りの50%も現時点でやや重要と回答しており、同業界では100%がこの技術を重要と考えていることになる。

応用分野別では、組み込みビジョン技術をよく利用していると回答した人の割合が最も高かったのは、(おそらく明白だが)組み込みビジョン分野で64%だった。組み込みビジョン分野では、たまに利用すると回答した人も20%で、両者を合わせた利用割合は84%に上った。次いでよく利用していると回答した人の割合が高かったのは、無人 / 自律型機器で56%、その次はモーション解析で49%だった。利用割合で組み込みビジョンに続いたのは、モーション解析(79%)と無人 / 自律型機器(78%)だった。

一方、利用しないと回答した人の割

合が20%以上だったのは、科学捜査(23%)とライフサイエンス(21%)のほか、マシンビジョン、ファクトリオートメーション、医用イメージング、セキュリティ / 監視、計測 / 測量でそれぞれ20%だった。利用していないが今後利用する可能性があると回答した人の割合が高かったのは、ウェブ検査(30%)、リモートセンシング(28%)、物流 / 倉庫 / 流通、X線イメージング、AR/VR(それぞれ25%)だった。

組み込みビジョンが現時点で非常に重要と回答した人の割合が高かった応用分野は、インテリジェント交通(71%)、組み込みビジョン(58%)、無人 / 自律型機器(55%)だった。一般的に、ほとんどの人がこの技術を重要と考えている。ほぼすべての応用分野で、同技術を重要でないと回答した人は0%だったが、6つの応用分野で、5%未満の人が重要でないと回答した。

遭遇している課題の5段階評価は、組み込みビジョンそのものと、組み込みビジョンに関連する処理の2つにつ

いて回答してもらった。組み込みビジョンで遭遇している課題の5段階評価では、41%が1または2、36%が3、23%が4または5(非常に大きな課題に遭遇している)と回答した。その回答からは、今でも組み込みビジョンで課題に遭遇している人はいるが、解決策が見つまっている場合のほうが多いことがうかがえる。

組み込みビジョン技術は本質的にモビリティに優れ、サイズがコンパクトであることから、大きな部品の異なる場所やロボットが届かない箇所を検査するためにカメラを移動させるなどの目的に利用できる。こうしたビジョンシステムのカメラモビリティで遭遇する技術課題について、5段階で評価してもらったところ、43%が1または2、28%が3、29%が4または5(非常に大きな課題に遭遇している)と回答した。この課題については、より多くの人々が問題を抱えていることになるが、その問題は将来的に、組み込みビジョンによって解決できる可能性がある。

3Dイメージング

3Dイメージングをよく利用すると回答した人の割合が高かった企業種別はOEM/マシンビルダーで、48%だった。システム統合企業とR&D企業はそれぞれ35%でそれに続いた。エンドユーザー/メーカーとシステム統合企業では、20%が3D技術をまったく利用しないと回答した。しかし、R&Dの26%、エンドユーザー/メーカーの21%、システム統合企業の20%が、同技術を今後利用する可能性があるとは回答したことは、有望な結果だといえる。

この技術の重要性については、現時点で非常に重要と回答した人の割合が最も高かったのは、システム統合企業で56%、以下、R&Dが47%、エンドユーザー/メーカーが38%だった。

3Dイメージング技術が最もよく利用されている業界は、自律型ロボティクス、半導体/電子部品、容器/パッケージで、よく利用すると回答した人の割合はそれぞれ、46%、44%、42%だった。利用割合が最も高かったのは

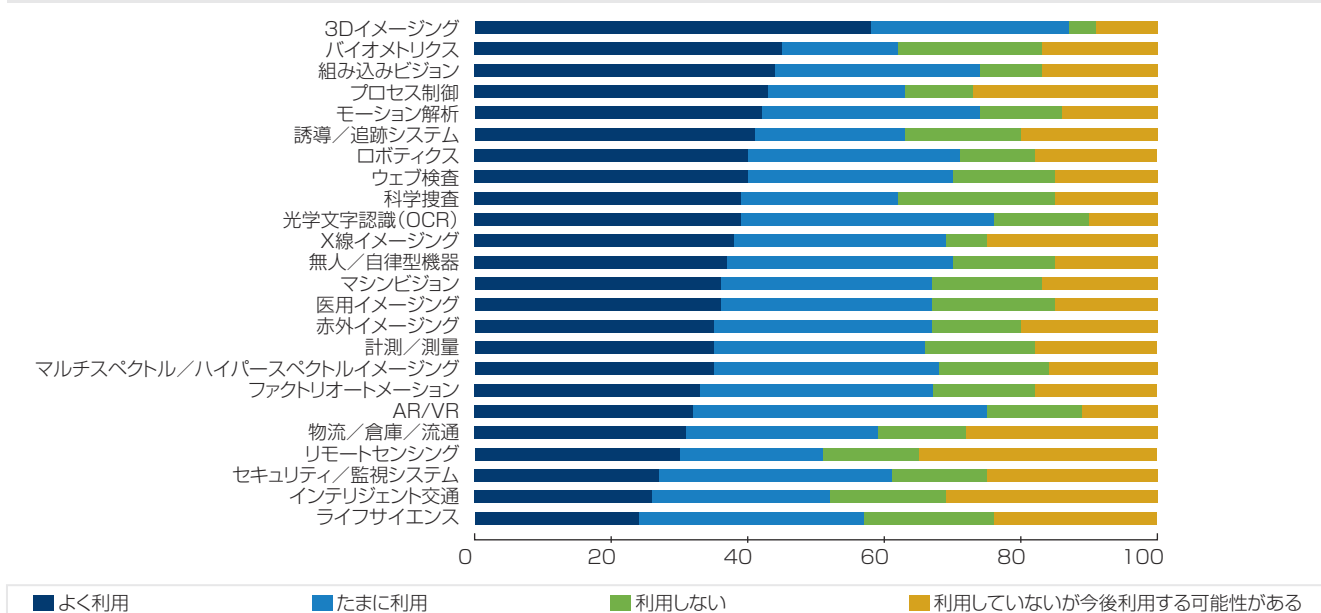
半導体/電子部品(74%)で、民生電子機器と自律型ロボティクスがそれぞれ72%でそれに続いた。

利用しないと回答した人の割合が20%を超えたのは、製薬とプラスチック(それぞれ21%)と、ドローン/無人機(30%)だった。利用していないが今後利用する可能性があるとは回答した人の割合が高かったのは、林業/木材(31%)、容器/パッケージ(26%)、農業/環境(25%)だった。

多くの業界で、50%以上が3Dイメージング技術は現時点で非常に重要と回答した。その回答の割合が最も高かったのは物流/倉庫/流通(60%)で、次が自律型ロボティクス(58%)、以下、製薬、半導体/電子部品、林業が50%で並んだ。重要でない、または、重要でないが将来的には非常に/ある程度重要になる、と回答した人の割合が2ケタを超えた業界はなかった。

応用分野別では(グラフ参照)、よく利用すると回答した人の割合が最も高かったのは、当然ながら、3Dイメー

3Dイメージング技術をどの程度利用していますか(応用分野別)



ジングで58%、以下、バイオメトリクスが45%、組み込みビジョンが44%と続いた。プロセス制御(43%)、モーション解析(42%)、誘導/追跡システム(41%)、ウェブ検査とロボティクス(どちらも40%)でも、40%以上がよく利用すると回答した。すべての応用分野で利用割合は51%以上だったが、科学捜査で23%、バイオメトリクスで21%の人が、利用しないと回答する結果となった。

ただし、現在は利用していないが今後の利用を検討している人の割合は高く、リモートセンシングで35%、インテリジェント交通で31%、物流/倉庫/流通で28%がそのように回答した。

3Dイメージングが現時点で非常に重要であると回答した人の割合が高かった応用分野は、当然ながら3Dイメージングで、64%だった。誘導/追跡システムが59%、プロセス制御が56%でそれに続いた。すべての応用分野で、3Dイメージング技術の価値が認識されており、現時点で非常に重要、また

はやや重要以外の回答の割合が2ケタに達したのは、ライフサイエンスのみだった。同分野では10%が、重要でないが将来的には非常に重要になると回答した。

3Dイメージング技術に関連する2つの処理について、遭遇している技術課題の5段階評価を依頼した。オブジェクト/ビンのランダムピッキングについては、41%が1または2、33%が3、26%が4または5(非常に大きな課題に遭遇している)と回答した。箱のランダムなデパレタイジング(パレットからの積み下ろし)については、40%が1または2、40%が3、20%が4または5と回答した。

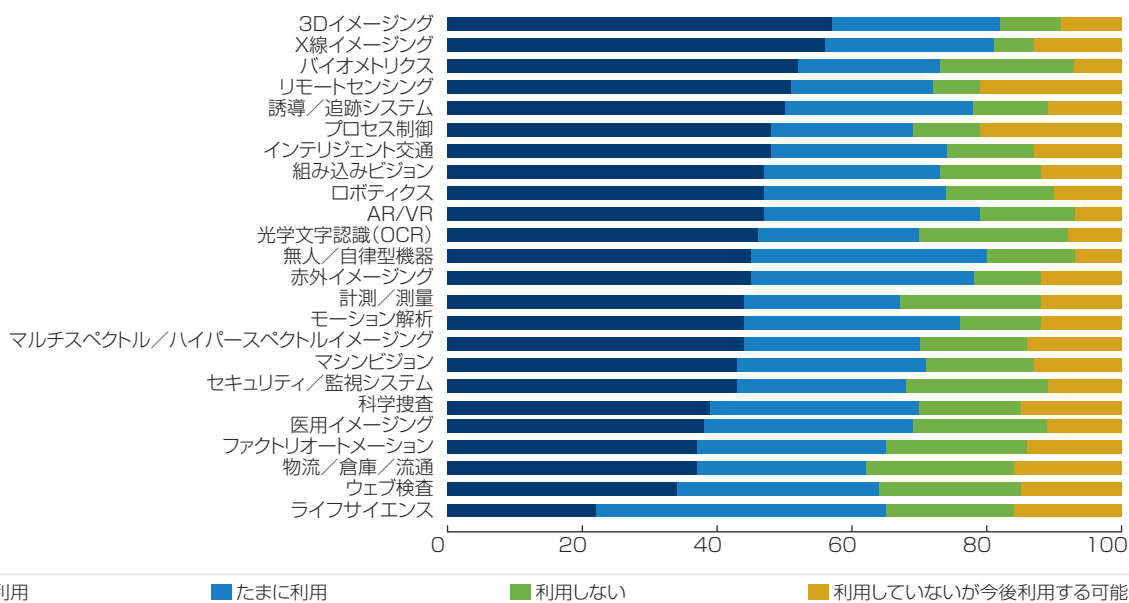
この結果から、全般的には解決策が見つかっている割合のほうが見つかっていない割合よりも高いものの、いくらかの課題が存在していることがうかがえる。市場に現在提供されている多くの3Dイメージング製品が、その両方の処理を対象としており、その中には、目の前の問題の解決につながる製

品も存在する可能性がある。「高速3Dイメージングの最新技術を理解する」(パート1:本誌P16とパート2)では、複数の3Dイメージング製品について詳しく解説しているのので、参考にしてほしい。

コンピューテーショナルイメージング

企業種別では、R&DとOEM/マシンビルダーでコンピューテーショナルイメージング技術をよく利用すると回答した人の割合が高く、それぞれ48%と45%だった。エンドユーザーとベンダー/サプライヤーでは、よく利用すると回答した人の割合が最も低く、32%だったが、それでもそれぞれ36%と29%の人が、たまに利用すると回答した。利用しないという回答が最も多かったのは、(興味深いことに)OEM/マシンビルダー(31%)と、ベンダー/サプライヤー(28%)だった。利用割合が最も高かったのはR&Dで71%、続いてエンドユーザー/メーカーで

コンピューテーショナルイメージング技術をどの程度利用していますか(応用分野別)



68%だった。すべての企業種別で、61%以上が何らかの形でコンピューターショナルイメージング技術を利用していると回答した。

この技術の重要性についても、基本的に上記のデータを反映する回答結果が得られた。現時点で同技術が非常に重要と回答した人の割合は、システム統合企業で67%、続くR&Dで51%だった。

業界別では、コンピューターショナルイメージング技術をよく利用すると回答した人の割合が高かったのは、上から順に、ドローン／無人機(51%)、自律型ロボティクスと物流／倉庫／流通(49%)、民生電子機器(48%)だった。他の業界でもこの割合は比較的高く、35%(医療／医療機器とプラスチック)～46%(エネルギー、半導体／電子部品)だった。利用割合が高かったのは、上から順に、ドローン／無人機(76%)、自律型ロボティクス(75%)、半導体／電子部品(74%)だった。

利用しないという回答の割合が高かったのは、上から順に、プラスチック(26%)、医療／医療機器(23%)、エネルギーと製薬(それぞれ21%)だった。利用していないが今後利用する可能性があるという回答の割合が最も高かったのは、容器／パッケージ(24%)で、物流／倉庫／流通、食品&飲料、製薬、プラスチックがそれぞれ18%でそれに続いた。同技術が現時点で非常に重要と回答した人の割合は、繊維(67%)、民生電子機器(61%)、容器／パッケージと製薬(それぞれ57%)で高かった。

応用分野別では(グラフ参照)、よく利用すると回答した人の割合が50%以上だったのは、3Dイメージング(57%)、X線イメージング(56%)、バイオメトリクス(52%)、リモートセンシング(51%)、誘導／追跡システム(50%)だった。24のうちの13の分野で、

40%以上がよく利用すると回答した。たまに利用すると回答した人の割合が高かったのは、ライフサイエンス(43%)、無人／自律型機器(35%)、赤外イメージング(33%)だった。しかし、いくつかの分野では、利用しないと回答した人の割合が明らかに高かった。ファクトリオートメーション、ウェブ検査、医用イメージング、セキュリティ／監視システム、物流／倉庫／流通、計測／測量、バイオメトリクス、光学文字認識(OCR)の各分野で、20%以上がそのように回答した。

コンピューターショナルイメージングの利用割合が最も高かったのは、3Dイメージング(82%)、X線イメージング(81%)、無人／自律型機器(80%)だった。24のうちの13の分野で、50%以上が現時点で非常に重要と回答した。そう回答した人の割合が高かったのは、インテリジェント交通(64%)とバイオメトリクス(60%)だった。重要でないという回答が6%を超えた応用分野はなかった。

コンピューターショナルイメージング技術が解決策となり得る処理について、遭遇している技術課題の5段階評価を依頼した。欠陥／不具合検出で遭遇している課題の5段階評価では、37%が1または2、30%が3、33%が4または5(非常に大きな課題に遭遇している)と回答した。回答はやや分散した形になり、欠陥／不具合検出ではまだ問題を抱えている人がいることをうかがわせた。画質の改善や一部の特徴抽出を行うコンピューターショナルイメージング技術が、そうした問題の解決につながる可能性がある。コンピューターショナルイメージング技術については、Vision Systems Design誌英語版11/12月号のp15の記事で、さらに詳しく説明されている。

集計結果と総括

利用割合が高い技術は、上から順に、コンピューターショナルイメージング(67%)、3Dイメージング(62%)、組み込みビジョン(61%)、ディープラーニング(56%)、偏光(52%)、マルチスペクトル／ハイパースペクトルイメージング(48%)だった。よく利用すると回答した人の割合が高かったのは、上から順に、コンピューターショナルイメージング(41%)、3D及び組み込みビジョン(41%)、ディープラーニング(31%)、マルチスペクトル／ハイパースペクトル(21%)、偏光(20%)だった。利用しないと回答した人の割合が高かったのは、上から順に、偏光(27%)、マルチスペクトル／ハイパースペクトル(20%)、組み込みビジョン(19%)、3Dイメージング(18%)、コンピューターショナルイメージング(17%)、ディープラーニング(13%)だった。

たまに利用するという回答の割合は各技術で似通っており、25%(ディープラーニング)から32%(偏光)の間だった。今後の利用を検討していると回答した人の割合が高かったのは、上から順に、マルチスペクトル／ハイパースペクトル(32%)、ディープラーニング(31%)、偏光(21%)、組み込みビジョンと3Dイメージング(20%)、コンピューターショナルイメージング(16%)だった。

本誌読者320名を対象とした今回の調査により、これらの技術が、市場では大々的に売り込まれているものの、実際のところどの程度の製品導入実績を達成しているのかが、明らかになった。今後の利用を検討していると回答した人や、将来的に非常に重要になると回答した人の数から考えて、導入率はさらに増加すると思われるので、今後の動向に注目してほしい。