

未来をひらく光情報技術とその将来展望

長谷川 智士

はじめに

今後 30 年間のわが国においては、少子高齢化・労働人口の減少、および環境・エネルギーを含む社会問題がより顕在化すると考えられている。本稿では、上記の社会問題の解決においてキーワードとなる「スマート社会」「SDGs (持続可能な開発目標)」「安心・安全で快適な社会」の 3 分野において、将来の光情報技術の果たす役割や展望についてフォーカスする。

1. スマート社会における光情報技術

経済活動は、その担い手である労働人口に左右される。総務省の試算によれば、少子高齢化による労働人口の減少が現状のまま継続した場合、2060 年の労働人口は現在の 4 割減になると予想されている^{1,2)}。そのような状況下において、人工知能 (AI) やモノのインターネット (IoT) を含むデジタルツールの活用による業務の効率化やロボットによる自動化、いわゆる Society 5.0³⁾ の流れは今後も加速すると考えられる。Society 5.0 の実現において、センサー技術やヒューマンマシンインターフェース (HMI) に関連する光情報技術は、フィジカル空間とサイバー空間の界面をスムーズに繋ぐ重要な役割を担うと考えられる。以下では、具体的に Society 5.0 がもたらすスマート社会において重要となる「省人化・自動化」「遠隔化」での活用が期待される光情報技術について述べる。

1.1 省人化・自動化

省人化・自動化の領域で想定されるニーズは、多品種少量生産への対応のための製造技術や熟練者相当の異常検知技術、およびロボットやドローンを用いた工場内外への製品の搬送自動化における空間計測技術である。多様で移り変わりの激しい製品ライフサイクルを背景として、低コストかつ短納期を特徴とする大量生産と、個々の顧客ニーズを満たす個別設計の両方を合わせもつマスカスタム生産を少ない労働力で実現するために、デジタルツールを活用

した生産性の効率化が進むと考えられる。デジタル情報をもとに切削・造形を行う光加工は AI や IoT との相性が良く、また、金属や半導体、ガラス、セラミック、木材、プラスチック、皮革、ゴムなど、多種多様な材料に対応できる。非接触・非破壊・その場計測を特徴とする光干渉計測や光投影法などの計測技術を搭載した IoT を用いて加工状態の三次元形状をモニタリングしつつ、有用なデータをサイバー空間に蓄積し、AI によるデータ解析にもとづく光加工の制御により、異常の早期発見や加工の難しい複合材料の高速・高精度な加工が実現される。また、人とロボットの協働作業の実現に向けて、自律搬送ロボットが期待される。ロボットによる重量部品の工場内の搬送や、ドローンによる製品の屋外配送において、全周囲の路面の段差や地形、および人の有無を高精度に把握する LiDAR (light detection and ranging) などの空間計測技術がさらに進展すると考えられる。

1.2 遠隔化

遠隔化の領域で想定されるニーズは、遠隔地からロボットを操作し、視覚・力覚・触覚を通して現場の監視や製品検査を行うことである。例えば、自宅やオフィスなどの遠隔地から工場にリモートでアクセスし、場所や時間にとらわれず、オペレーターがあたかも現場にいるかのような感覚でロボットを介した作業に携わると考えられる。また、感染症などのリスクによりオペレーターの立ち入りが難しい環境下における、人間の五感を必要とする遠隔医療や精密機器の検査が想定される。

現場の監視や検査における「視覚」に必要な要素技術として、カメラの時空間分解能・量子化分解能の高性能化や画像処理アルゴリズムを含むイメージング技術の進展、および通信インフラの強化による画像転送速度の高速化が挙げられる。また、遠隔地の視覚情報をオペレーターに提示する臨場型映像装置として、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) が提案されている。今後、メタサーフェスのような微細構造パターンによるレンズ機能⁴⁾の実現により、HMD の小型・軽量化が期待される。

ロボットを用いた現場での操作における「力覚・触覚」

宇都宮大学オプティクス教育研究センター
E-mail: hasegawa_s@cc.utsunomiya-u.ac.jp

を遠隔地にいるオペレーターにフィードバックする際に必要な要素技術として、オペレーターとロボットをシームレスに接続する HMI の開発が挙げられる。ロボットに搭載された力覚・触覚の取得のためのセンサーと、オペレーターへ感覚をリアルに伝えるアクチュエーター開発の進展が期待される。特に、非接触計測を得意とする光学式センサーは、薄板ガラスなどの繊細で脆弱な物体の触覚計測に適している。

2. 持続可能な開発目標における光情報技術

SDGs では、貧困や飢餓、環境問題、経済成長に至る広範な課題が網羅されており、豊かな社会を追求しながら地球環境を守るための達成すべき 17 の目標が掲げられている。環境モニタリングやガスセンシングの分野での貢献が想定される分光計測技術は、SDGs の達成に重要な役割を担うと考えられる。以下では、具体的に「食品ロスの削減」「環境汚染の抑制」および「温室効果ガスのセンシング」における光情報技術について述べる。

2.1 食品ロスの削減

世界の食料廃棄量は年間約 13 億トンであり、先進国では生産された食料の約 3 分の 1 が破棄される一方で、途上国では貧困や気候変動、紛争によって飢餓に苦しむといった、食の不均衡が生じている。飢餓の問題に対して、食品ロスの削減は重要である。近赤外分光計測は、食品の糖分、酸度、鮮度などの品質を非破壊で迅速に定量化できるため、生産物の規格化や消費期限の把握、および流通段階における販売適期の決定によって食品ロスの削減に貢献できる。

2.2 環境汚染の抑制

近年、マイクロプラスチックごみによる海洋生態系への汚染が指摘されている。よって、海洋マイクロプラスチックの分布と種類や量をモニタリングし、生物への暴露状況や汚染状態の把握が課題となっている。可視光のみでは見えない情報を見える化するハイパースペクトルイメージングは、近赤外波長域での反射スペクトルを観測することで、プラスチックの種類 (PET, ポリカーボネート, ポリスチレンなど) を非破壊で同時に同定できるため、海洋汚染抑制への貢献が期待される。また、脱炭素社会の実現において、廃棄物の再資源化が求められる。従来技術ではリユース不可能であった基板やパッケージなどのプラスチック素材を粉碎した後、分光計測によりプラスチックの同定と分類を自動で行うシステムの開発が考えられる。

2.3 温室効果ガスのセンシング

二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスを削減するに

は、ガスの排出量をモニタリングするシステムが必要となる。赤外分光計測により、工場や自動車からの排気ガスをセンシングするニーズは、脱炭素社会の実現に向けて、今後ますます増えると予想される。また、IoT としての実装を見据えた計測装置の小型・軽量化を背景として、単一画素イメージングによるガスセンシングの進展が期待される。

3. 安心・安全で快適な社会における光情報技術

安全・安心で快適な社会の実現に向けて、自動運転技術の進化を支える光情報技術の役割は大きい。自動運転における車外状況検知のためのセンシング、車外状況をドライバーに伝える、あるいはドライバーの認知状況を車が把握するための HMI、および車載ネットワークシステムのニーズに対する光情報技術の貢献が想定される。車外状況検知のためのセンシング技術において、従来の可視光カメラの解像度の向上とともに、夜間でも認識可能な赤外カメラの高性能化が進むと考えられる。また、動物と静止物を見分けるための熱を検知する遠赤外カメラの進展も期待される。将来的に、視野角拡大を目的として、複数台の高解像度カメラが必要となるため、車載ネットワークの帯域拡大が課題となる。よって、情報の圧縮技術や車載光インターコネクシステムの開発が重要になる。

また、今般の新型コロナウイルス感染症の流行により、衛生環境や健康管理への関心の高まりとともに、多くの人々が触れる物に接触する機会を極力減らす新しい生活様式に変化している。低侵襲・非接触を特徴とする光情報技術は、今後、ヘルスケアや医療機関、食品製造工場などの徹底した衛生管理が必要な場所への導入が進むと考えられる。例えば、深紫外光 LED によるウイルスの不活性化や、光学的手法による抗体検出と定量化、および空中ディスプレイなどの非接触なインターフェースに関する研究の進展が期待される。

おわりに

本項では、今後直面するおもな社会問題の解決に向けて、光情報技術の果たす役割や将来展望を述べた。光情報技術は、加工、計測、センサー、イメージング、HMI、ディスプレイ、車載ネットワーク、ヘルスケア、および衛生管理を含む非常に広範な要素技術に展開しており、将来の持続可能で豊かな社会を支える基盤となり得る (図1)。本特集を契機として、本稿が、光学研究者や技術者、および将来を担う学生諸君の研究開発の方向性を探る 1 つの指針となれば幸いである。

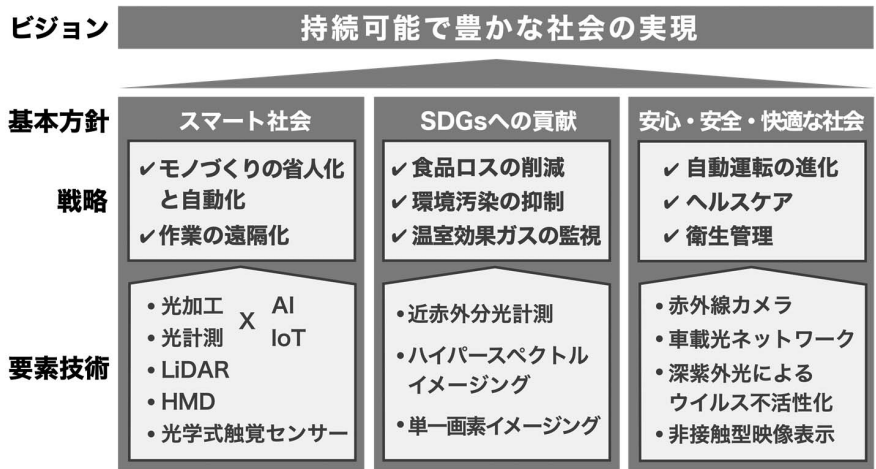


図1 持続可能で豊かな社会の実現に向けた基本方針と戦略、および、光情報技術に関する要素技術。

参考文献・URL

- 1) 総務省：労働力調査年報（2016）.
- 2) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（2017年4月推計）.
- 3) 内閣府：第5期科学技術基本計画 Society 5.0
- 4) D. Andrén, J. Martínez-Llinàs, P. Tassin, M. Käll and R. Verre: ACS Photonics, 7 (2020) 885–892.