戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）
「光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術」

DX・脱炭素時代の日本の製造業基盤、社会実装へ

ビジネス競争力を強化・拡張する新しい仕組みとは

デジタルトランスフォーメーション（DX）と脱炭素が、ビジネスの競争力の浮沈を決める――日本の製造業にも、メガトレンドに沿った新たな基盤の構築が求められている。時代の要請に応えるために、日本が誇る高度な光・量子技術を基に産業競争力の強化に貢献する仕組みの創出に取り組むのが、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（以下、SIP）「光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術」である。本プロジェクトは、開発した技術の社会実装を共に進める企業の参加を募っている。

DXと脱炭素を推進する製造業の新基盤

DXと脱炭素は、単なるバズワードではなく、企業競争力に直結する要因となった。しかも、コロナ禍以降、デジタル化や脱炭素に向けた投資の動きが急加速。DXや脱炭素に資する、より高度な技術や製品が早期に求められるようになった。

高効率・高品質・高信頼な日本のものづくりの国際競争力の高さは、世界中が認めるものだ。ただし、DXや脱炭素を基軸としたメガトレンドの中で、その優位性の維持が約束されているわけではない。競争原理が変わったビジネス環境に適応した、新たな強みを身に付ける必要がある。そして、DXや脱炭素に向けた技術や製品の創出に欠かせない最先端の半導体を安定して確保する体制の再構築も求められている。

日本の競争力を強化するCPSの実現を目指す

今、世界中の研究機関や企業が、製造業に新たなパラダイムをもたらす仕組みの開発と実用化に取り組んでいる。それは、CPS（Cyber Physical System）だ。生産ライン上の装置や製品の状態や動きを「デジタルツイン」と呼ばれるコンピュータモデルで再現。その性質や挙動などを解析することで、少し先に起きる出来事を予見したり、高速・高精度・低リスクでの生産条件の最適化、改善を可能にしたりする仕組みである。

日本の基幹産業である自動車産業、さらには半導体産業も、技術とビジネスの両面で大変革期の中にある。これらの分野で世界をリードする製品を開発・製造・供給していくためには、従来の強みを強化しながら、新しい価値を創出できるCPSが求められる。日本の生産現場は、経験豊富なエンジニアや高度な技能を持つ作業者などの人材力と改善活動の積み重ねで培った現場力によって、世界が認める高品質な工業製品を作っていた。今後さらにCPSを活用し、こうした人材力と現場力を強化・拡張することで、優位性や競争力を維持・向上することができる。

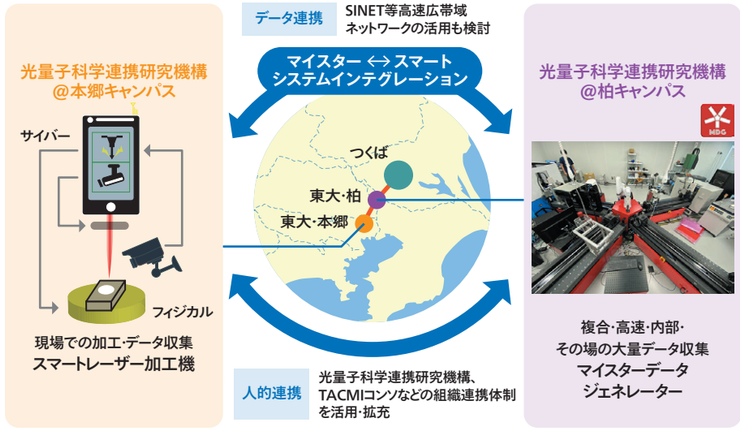
本SIPは、大学・研究機関・企業の力を結集して、近未来の日本の製造業の競争力を醸成するCPSとその活用法を確立し、社会実装することを目指している。本SIPのプログラムディレクターである西田直人氏は、「日本の製造業がCPSを使いこなすことで、新たな優位性を3つ手中にできます」と語る。

1つ目は、デジタルツイン上で生産条件を最適化することで、試作品が不要となる可能性があり、高品質な製品を早期に市場投入できること。2つ目は、より多くの加工・製造の条件を検証することで、これまで実現不可能だった超微細加工や難加工材の扱いが可能になること。3つ目は、サプライチェーンや生産ライン全体をデジタルツインで表現することで、災害や予期せぬ故障など突発的な事象が発生した際にも、適切かつ迅速な対処が可能になることである。

CPSの実現と活用を阻むボトルネック解消に向けて

「5年計画のうち3年が経過してボトルネックの解消にメドが立ち、いよいよ社会実装のフェーズに移行できる状態になりました」と、サブプログラムディレクターの安井公治氏は力強く語る。本SIPは、日本の製造業がCPSを活用できるようにするための課題のうち、2つの技術的課題の解消に主として取り組んでいる。

図1　加工パラメーターの探索を自動化する「マイスターデータジェネレーター」を中核とする東京大学の産学協創拠点



レーザー加工の大規模・高品位データベースを構築し、加工パラメーターの探索、学理構築、AI学習などに活用する。

1つ目の課題は、生産ライン上の工程の中には、装置や製品で起きている現象のモデル化が困難なものがあったこと。例えば、レーザー加工は、いかなる物理現象によって加工が進んでいるのか十分解明されていなかった。この困難な課題に東京大学のグループが挑戦。AIなどを活用したモデル化手法確立の目処が立っている（図1）。さらに本SIPでは、レーザー加工向けモデル化技術を、九州大学などが半導体製造のアニール工程や検査工程などにも適用するための実証も進めている。

2つ目の課題は、デジタルツインを用いて生産条件の最適解を見つけ出す手法が十分確立されていなかったこと。莫大な数の生産条件の組み合わせから最適解を見つける問題は「巡回セールスマン問題」と呼ばれる問題と同等であり、従来のコンピュータでは実用的時間内に解が得られない難問だ。ここでは、早稲田大学と慶應義塾大学のグループが、量子コンピュータなどを含む最適解を得るための多様な手法を用意。その中から適切な解法を選択し、最適解の探求に利用できる環境を整備している。

これらの技術的課題の解消に加え、最もCPS化が困難な工程であるレーザー加工を題材に実践的CPSの雛形を実現し、それを起点に様々な現場に展開する「CPSプラットフォーム」を整備していく予定である。この一環として、浜松ホトニクスは難加工材である炭素繊維強化プラスチック（CFRP）などを高精度、高スループットで加工するためのレーザー制御用デバイスを開発し、レーザー加工機に実装して実証実験を開始した。京都大学は、CPSによる精緻な制御に対応できる高ビーム品質・高出力の半導体レーザー光源を開発した。これは小型でレンズフリーのLiDARにも応用できる技術だ。また、情報通信研究機構（NICT）は、CPSを複数企業が共用する際に欠かせない、機密性の高い産業データを安全安心にやり取りするための量子暗号や量子セキュアクラウド技術を開発しており、担当するサブプログラムディレクターの佐々木雅英氏は「世界で競争する産業界のニーズに応え、グローバル競争力のあるデータ通信・保管システムが開発できる見込みです」と意気込んでいる。

海外機関の厳格な評価を実践的技術の確立に活かす

本SIPは、国家プロジェクトとしては珍しい試みとして、有償での成果レビューを海外の研究機関に委託し、社交辞令抜きの客観的かつ本気の評価を得ている。委託先は、自動車分野で先進的研究実績を持つドイツのフラウンホーファー研究機構、半導体分野で豊富な知見を持つ台湾の工業技術研究院（ITRI）、唯一無二の半導体露光装置を供給する企業を擁するオランダのオランダ応用科学研究機構（TNO）である。安井氏は「手厳しい指摘も多く受けましたが、実用化と社会実装に向けて有益な情報が得られました」という。評価結果を基に開発した技術をブラッシュアップするとともに、国際連携も加速。今後は、米国、英国、カナダなどとの連携も推し進めていく予定だ。

西田氏は「より多くの適用分野での検証と開発に共に取り組む企業や、より多くの企業でのCPS活用を促すパートナー企業を募り、日本の製造業の競争力強化に向けた社会実装を目指す準備が整いました」という。日本の製造業にとって本SIPの活動は意義の大きいものであるはずだ。その門戸は広く開かれている。

国立研究開発法人
量子科学技術研究開発機構
［イノベーションセンターSIP推進室］
東京都千代田区内幸町2-2-2富国生命ビル17F
03-6683-9069（代表） https://www.qst.go.jp/site/sip/

※本コンテンツは、日経BPの許可により『日経ビジネス』2021年9月20日号の掲載内容より抜粋して作成したものです。禁無断転載