

光・量子を活用した Society 5.0 実現化技術

光・量子技術で未来を創造する

日本が強みを持つ光・量子技術の国際競争力のさらなる向上へ

Society 5.0実現には、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させるサイバーフィジカルシステム(CPS)の構築が鍵となっている。現在、IoT/AIからスマート製造へと投資が開始されているが、社会・産業界共通の投資を阻むボトルネックが存在している。そこで、我が国が強みを有す光・量子技術を活用し、これらのボトルネックを解消可能な加工、情報処理、通信の重要技術を厳選・開発し、「レーザー加工市場シェア奪還のための日本発コア技術等の製品化」「ものづくり設計・生産工程の最適化」「高秘匿クラウドサービスの開始」等を達成し、Society 5.0実現を加速度的に進展させる。



プログラムディレクター

西田 直人

株式会社 東芝
特別嘱託

Profile

1978年慶應義塾大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年、株式会社東芝入社 生産技術研究所配属。同社、生産技術センター所長、生産企画部部長、技術企画室室長、執行役常務、執行役上席常務、取締役、執行役専務等を歴任。現在、同社特別嘱託。工学博士。

研究開発テーマ

(1) レーザー加工

- ①サイバー(シミュレータ)とフィジカル(レーザー加工)の高度な融合によるスマート製造の実現(特定用途のCPS型レーザー加工機システムの開発)
- ②日本が有するコア技術「空間光制御技術」の開発によるスマート製造の実現(高耐光・高精度空間光制御技術の開発)
- ③日本発フォトニック結晶レーザーの高出力化の実現

(2) 光・量子通信

量子暗号、秘密分散、秘匿計算の統合により、解読技術の進展によるセキュリティの危殆化の懸念がないクラウドサービスについて、世界に先駆けた開発を行い、電子カルテやゲノム解析情報、スマート製造情報などを用い、実証(量子セキュアクラウド技術の開発)

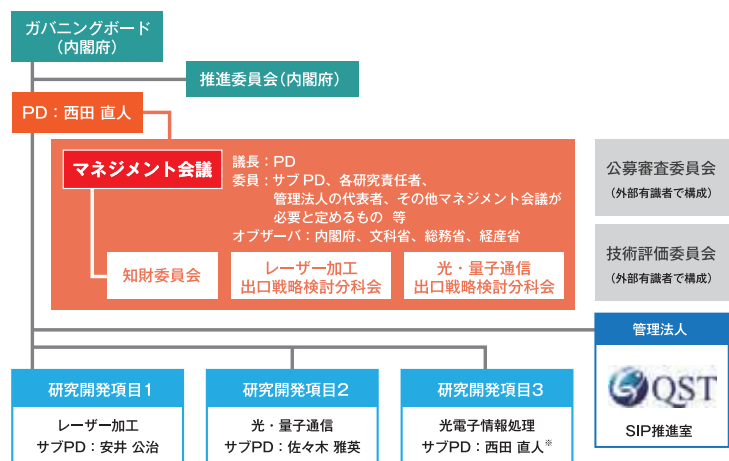
(3) 光電子情報処理

スマート製造の実現に必要な、量子コンピュータ等の計算資源を高速に最適活用することを可能とする次世代アクセラレータ基盤の開発・実装

実施体制

内閣府に、プログラムディレクター(PD)のもと関係府省や専門家で構成され、総合調整を担う推進委員会を設置する。

PDの意思決定を補佐するために、管理法人である国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(QST)に、マネジメント会議を設置する。同会議において、課題全体の方針及び目標の決定、進捗管理、進捗を踏まえた研究内容・出口戦略の見直しを行い、確実に社会実装を成し遂げる。



※当面の間、PDが兼任

☑ テストプラットフォームを提供し、実例を研究開発に活用

重要課題の抽出、社会実装や出口戦略の立案などの共有と、成果のシナジー効果が得られるよう拠点を設立し、国内外の企業ネットワークへテストプラットフォームの提供、技術データの収集、各企業と実装に向けた議論等を実施する。企業の評価例・採用実例等を研究開発にフィードバックして企業の事業化に結実させる。

☑ 標準化活動の推進

機密性の高いデータを扱う医療分野やスマート製造分野のユーザと共同で試験運用し、量子暗号技術等に関する標準化を進め、将来において評価・検定・認定を運用するためのエコシステムのモデルを構築するとともに、運用ガイドラインを策定する。

☑ 企業への成果試用の場の提供

ネットワーク上のリソースの組合せ最適化等の問題を高速で処理するために開発した次世代アクセラレータ基盤を実現するソフトウェアを実装完了し、オープンテストベッド化を完了させ、企業による準製品化に貢献する。

☑ 成果の普及へ向けた課題全体のプロモーション

研究成果の積極的・戦略的な広報を実施し、企業等に限らず社会全般へ向けて成果の浸透を図るとともに、世界シェアの拡大を行い、関連業界のフラッグシップを目指す。

期待される成果

目標とする成果

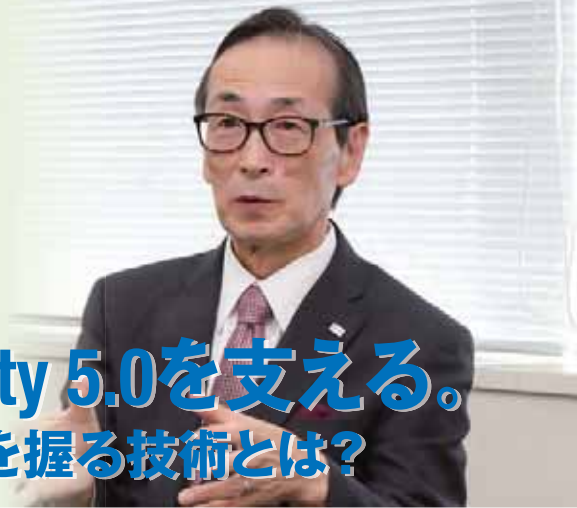
- CPS型レーザー加工機システムの実装（レーザー加工条件の初期選定のリードタイムを現在の9割減）や、高精度・高スループットな加工を実現する空間光制御技術を実用化（現在の10～100倍程度高速化）し、製造業における加工の世界トップの生産性を実現する。
- フォトニック結晶レーザーの高輝度化（現在の一般的な半導体レーザーの10倍^{※1}）及び高性能化を実現し、将来のレーザー加工等への応用を見据えつつ、人や障害物をいち早く検知し安心・安全な移動を可能にするセンシング技術に活用可能な超小型光源を実装する。
- 市場競争力の高い量子暗号装置（耐タンパ性向上、従来比4分の1の低コスト化）を開発し、100km圏ネットワーク上で秘密分散ストレージ技術と統合することにより、完全秘匿なデータ伝送、バックアップ保管、2次利用など新たな秘匿アプリケーションを提供する量子セキュアクラウドシステムを実現する。
- スマート製造等の実現に係る組合せ最適化等の問題を世界で最も高速に処理する光電子情報処理の次世代アクセラレータ基盤を世界に先駆けて開発する。

※1 単位面積、単位立体角あたりの光出力

社会経済インパクト

- 日本発コア技術等の製品化によるレーザー加工市場シェアの奪還
- ものづくり設計・生産工程の最適化によるスマート製造の実現
- 高機密情報の安全な流通・保管・利活用による、医療・製造分野の生産性向上





光・量子テクノロジーがSociety 5.0を支える。 サイバーフィジカルシステム構築の鍵を握る技術とは？

Society 5.0の実現には、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させる「サイバーフィジカルシステム (CPS)」の構築が必要です。しかし、そこには解決すべきボトルネックが存在します。そのボトルネックを光・量子のテクノロジーで解決する狙い所について、西田 直人PDにお話を伺いました。

「光・量子を活用した Society 5.0実現化技術とは」

Q—プログラムの概要をお聞かせください。

PD—この研究開発のテーマは、CPS(サイバーフィジカルシステム)です。フィジカル空間の中にある豊富なデータをサイバー空間に集め、AIなどを用いて解析、その結果をフィジカル空間に戻して、そのフィジカル空間を豊かにするというのです。そして、研究内容は「レーザー加工」と「光・量子通信」と「光電子情報処理」と大きく3つあります。

「レーザー加工を例題に CPS化を実証」

PD—「レーザー加工」はCPSのフィジカル(physical)の部分に相当します。実際に材料を加工したりするところですね。「光電子情報処理」はビッグデータを解析するサイバー(cyber)の部分です。その両方をつなぐ、情報のやりとりをする手段が「光・量子通信」で、量子特有の性質を利用してデジタル情報のセキュリティを強化します。

「レーザー加工」は非常にエネルギー効率がよく、短時間で様々な加工ができるので、世界の工作機械の売上高、生産高のだいたい15から20パーセントくらいを占めていて、利用の伸び率も高くなっていますね。とても高いポテンシャルを持っています。

一方、CPSへの搭載という観点からすると、レーザー加工はとても難しい技術と言えます。実は、レーザー光のどのような原理によって材料が加工できているのかはまだ完全に解明できておらず、加工条件をデジタル化するのが非常に難しいことと、

CPS化のための電子デバイス部品の高度化、低製造コスト化がボトルネックとなっています。

しかし、この難しいレーザー加工のCPS化が実現すれば、ほとんどの製造装置のCPS化は可能であると実証されます。

Q—ということは、レーザー加工機のCPS化を契機に、例えばですけど、製造分野のロボットにもCPS化というのが応用できるということですね。

PD—そういうことです。CPS化を実現して、ほとんどの製造装置のスマート化が可能であることを先導実証するのがこのプログラムの目指すところです。「レーザー加工」を高度化しようというのは、スマート製造のひとつのモデルケースだと思ってください。

「CPSをシステムとして 社会実証するために必要なもの」

Q—レーザー加工のCPSを社会実装するためにも「光・量子通信」、「光電子情報処理」が必要になるということでしたね。これらはどのような研究内容なのでしょう。

PD—先ほどの繰り返しとなりますが、フィジカル空間の豊富なデータを自動でサイバー空間に集め、AIなどを利用して解析し、その結果をまたフィジカル空間に戻す、そうするとビッグデータの処理にかかる時間が膨大になりますので、その処理にかかる時間をいかに短くするかと、あとは情報のセキュリティ。それらが一体にならないと、私たちが目指そうとしているCPSはできないということです。

デジタル化された製造現場の知恵や製造ノウハウはビジネス



価値が高いのでハッカーの格好のターゲットになり、万が一情報が洩れてしまうと企業の存続を脅かすことにもなります。また、これまでセキュリティの基盤技術だった公開鍵暗号は量子コンピューターの発展によって近い将来に解読されてしまうことがわかっていますので、そのためのセキュリティ技術の根本的な見直しが迫られています。

「光・量子通信」では、これらの問題を技術が進展しても危殆化しない、つまりコンピューターの性能が向上しても安全性が低下しない量子暗号技術を用いて解決し、さらに大事なデータを分散保管し、将来にわたって安全に管理する量子セキュアクラウドシステムで究極のセキュリティを目指します。

また、「光電子情報処理」は既存のコンピューターでは手に負えない問題を、イジング型コンピューター、NISQコンピューター、誤り耐性量子コンピューターなどの革新的計算資源を適材適所に生かしたアクセラレータ基盤を開発し、これらを活用して全体での高速最適化を図るものです。

最近、よくニュースで見かけるようになった量子コンピューターに可能性を感じる企業は多いのですが、ほとんどの場合、活用法がイメージできていません。光電子情報処理で、活用の筋道を明確に示していきたいと思えます。

「社会実証へ向けての展望」

Q—全てはSociety 5.0の実現に向けて、ということになると思うのですけれど、産業面を支える、というのでしょうか。PDご自身がお考えになるSociety 5.0はどのような世界になっていくとお考えですか。

PD—まず、本課題では、ものづくりへのCPS応用の起点となるひな形システムを構築して、企業が自由に試し、技術導入できる基盤づくりを目指していきたいと思えます。Society 5.0時代のプラットフォームを創出する素地を日本に作る。これこそが日本が強みを持つ光・量子の研究リソースを結集した「光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術」の意義ですね。CPSというのは、ものづくりだけではなく他のところにも展開できます。スマート製造の他に、例えばスマートモビリティ、スマートエネルギー、スマート医療などの分野でも活用できると考えています。

それに加えて、CPSを全世界に展開し、それぞれが持つ課題に対して日本は非常に短い期間で答えを返してくれるということ各国が認識していくことで、日本のプレゼンスがどんどん上がり、いずれCPSのリーダーシップを取っていく、そういう姿ができるといいなと思えますね。

Q—最後にPDの意気込みをお聞かせください。

PD—この研究課題に集まっていたいただいた研究者とともに、将来にわたり日本の競争優位を守るため、新しい全体最適のモデルを作り上げることを目指しています。Society 5.0でうたっている経済の発展と我が国および国民の安全・安心を確保し、一人ひとりにとって豊かで質の高い社会を実現することが、この研究の最終ゴールなのです。

CPS (Cyber Physical System) の構築

