

中小企業の特定期間ものづくり基盤技術及び
サービスの高度化等に関する指針

中小企業庁
(令和4年2月)

目次

- 一 特定ものづくり基盤技術の高度化全般にわたる基本的な事項
- 二 個々の特定ものづくり基盤技術ごとの事項
 - (一) デザイン開発に係る技術に関する事項
 - (二) 情報処理に係る技術に関する事項
 - (三) 精密加工に係る技術に関する事項
 - (四) 製造環境に係る技術に関する事項
 - (五) 接合・実装に係る技術に関する事項
 - (六) 立体造形に係る技術に関する事項
 - (七) 表面処理に係る技術に関する事項
 - (八) 機械制御に係る技術に関する事項
 - (九) 複合・新機能材料に係る技術に関する事項
 - (十) 材料製造プロセスに係る技術に関する事項
 - (十一) バイオに係る技術に関する事項
 - (十二) 測定計測に係る技術に関する事項
- 三 先端技術を活用した高度なサービス開発に関する事項
- 四 高付加価値企業への成長・変革に関する事項

(参考) 中小企業の特定制品づくり基盤技術及びサービスの高度化等に関する指針の改正経緯

- 平成18年6月20日 策定(17技術)
- 平成19年2月13日 粉末冶金に係る技術、溶接に係る技術を追加(19技術)
- 平成20年2月15日 溶射に係る技術を追加(20技術)
- 平成21年2月13日 9技術を改正
(組込みソフトウェアに係る技術、金型に係る技術、電子部品・デバイスの実装に係る技術、プラスチック成形加工に係る技術、粉末冶金に係る技術、鍛造に係る技術、鋳造に係る技術、金属プレス加工に係る技術、熱処理に係る技術)
- 平成24年4月12日 全20技術を改正し、4技術の名称を変更
(溶射・蒸着に係る技術、部材の締結に係る技術、繊維加工に係る技術、真空に係る技術)
冷凍空調に係る技術、塗装に係る技術を追加(22技術)
- 平成26年2月10日 全技術を抜本的に改正(11技術)
(情報処理に係る技術、精密加工に係る技術、製造環境に係る技術、接合・実装に係る技術、立体造形に係る技術、表面処理に係る技術、機械制御に係る技術、複合・新機能材料に係る技術、材料製造プロセスに係る技術、バイオに係る技術、測定計測に係る技術)
- 平成27年2月9日 デザイン開発に係る技術を追加(12技術)
- 平成30年3月9日 全12技術を改正(12技術)
- 令和2年12月24日 中小企業のものづくり基盤技術の高度化に関する法律の廃止に伴う改訂
- 令和4年2月18日 全12技術の改正並びに先端技術を活用した高度なサービス開発に関する事項及び高付加価値企業への成長・変革に関する事項の追加

中小企業等の経営強化に関する基本方針第3第4項第1号の規定に基づき、我が国製造業の国際競争力を支えるものづくり基盤技術の高度化及び我が国経済の大部分を占めるサービス業の労働生産性の向上の観点から、研究開発に取り組む中小企業が参考とするために、今後社会に求められる技術の方向性及び具体的な開発手法の情報（中小企業の特定期間ものづくり基盤技術及びサービスの高度化等に関する指針）を提示する。

また、ものづくり基盤技術やサービスの高度化を通じて、中小企業が高付加価値企業へ成長・変革するための考え方について提示する。

令和4年2月18日

中小企業の特定期ものづくり基盤技術及びサービスの高度化等に関する指針

この指針は、中小企業等の経営強化に関する基本方針第3第4項第1号の規定に基づき、「特定ものづくり基盤技術の高度化全般にわたる基本的な事項」、「個々の特定ものづくり基盤技術ごとに、達成すべき高度化目標」、「個々の特定ものづくり基盤技術ごとに、高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法」及び「個々の特定ものづくり基盤技術ごとに、特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項」並びに「先端技術を活用した高度なサービス開発に関する事項」を提示するものである。

また、ものづくり基盤技術やサービスの高度化を通じて、中小企業が生産性を向上させて成長を遂げることが重要であることから、「高付加価値企業への成長・変革に関する事項」についても、併せて提示するものである。

一 特定ものづくり基盤技術の高度化全般にわたる基本的な事項

我が国製造業は国内雇用や貿易立国を支えてきた基幹産業である。1980年代には、「ジャパン・アズ・ナンバーワン」と言われ、世界の中で抜群の競争力を発揮してきた。また、裾野が広く、経済全体への波及効果が大きい産業であることから、雇用と生産の両面において、我が国経済の基幹産業としての役割を果たしてきた。

一方、新興国企業の躍進や製品のコモディティ化により、激しい価格競争が引き起こされ、我が国製造業が得意としてきた「高品質・高信頼性」に基づく競争力は、環境の変化に直面している。こうした環境の変化や長らく続いた円高などにより、エレクトロニクス産業を中心に海外生産は伸びているものの国内生産は頭打ちとなり、我が国製造業が強みとしてきた現場力の中長期的な低下が懸念されている。こうした構造の揺らぎに対処すべく、我が国製造業は、自らの強み、国内外におけるものづくりのあるべき役割分担等を踏まえ、中長期に持続する競争力を再構築する必要がある。

製造業の産業構造を見ると、99%以上が中小企業・小規模事業者から構成されている。こうした企業の中には、研究開発型の企業、完成品生産型の企業、部品製造に特化した企業、特有の加工技術を保有する企業等、高度な技術を持つ企業も多い。我が国においては、そのような優れた技術を有する中小企業・小規模事業者が、大企業とともに多段階の階層を成して存在し、各階層間、階層内で業種を超えた活発な取引が行われている。中でも、特定ものづくり基盤技術を有する中小企業・小規模事業者（以下「川上中小企業者等」という。）は、多様化する消費者や社会において増大するニーズをとらえた付加価値の高い最終製品を企画・設計する企業等（以下「川下製造業

者等」という。)と緊密に連携し、我が国のものづくりの根幹を支えている。今後、川上中小企業者等は、技術水準の維持・継承のみならず、その持てる機動力、柔軟性、ネットワークを駆使して、例えば多品種少量生産などの顧客ニーズへ迅速にきめ細かく対応する「対応力」や、需要側の要請を咀嚼し、技術や加工法を最大限に活用する「課題解決力」を強化していくことが求められる。

すなわち、川下製造業者等の高度な要求にひたむきに応えることで競争力の源泉を支えてきた川上中小企業者等から、川下製造業者等のニーズを抽象度が高い段階からの的確に捉え、自らが有する技術に基づいて、ものづくりを大局的・主体的視点から提案できる川上中小企業者等への革新である。そのためには、川上中小企業者等自身が、自社の強みとなる技術を見つめ直し、川下製造業者等に対して、どのような「用途」を提供できる技術なのかを再認識する必要がある。

このような視点に立ち、本指針を策定し、特定ものづくり基盤技術を需要側からのニーズに対して提供する「用途」の視点から技術の整理を行った。これに伴い、製造業で胎動しつつある新しい産業構築の一助とするとともに、我が国製造業の国際競争力の向上を図っていく。特に、医療・健康分野、環境・エネルギー分野、航空宇宙分野などの成長分野への中小企業・小規模事業者の参入を促し、様々な最終製品や部品の製造工程においてその技術が活用されることで、競争力の強化につながるものと考えられる。また、輸送機械、電気機械、一般機械、精密機械等の我が国の経済を支える広範な製造業においても、総合的な国際競争力を発揮するためには、特定ものづくり基盤技術の高度化を図ることが極めて重要である。

また、第4次産業革命ともいふべき、I o T (Internet of Things)、A I (Artificial Intelligence)、ロボット等に関する急速な技術革新が進展しつつある。実社会のあらゆる事象がセンサ等を通じてデータ化され、ネットワークによって集められた大量のデータをリアルタイムに分析することで、より高度な気付きや判断が可能となる。例えば、大量生産・画一的サービスから、個々のニーズに合わせたカスタマイズ生産・サービス(ウェアラブル機器等を活用した個別化医療・健康サービス、即時オーダーメイド服等)、A Iによって認識・制御機能を向上させることによる人間の役割の代替(自動走行、ドローン施工管理・配送等)、製品やモノのサービス化、新たなサービスの創出(設備売り切りからデータを活用した稼働・保全・保険サービス等)、データ共有によるサプライチェーン全体での効率性の飛躍的向上(生産設備と物流・発送・決済システムの統合等)等、様々な分野でビジネスモデルを革新させる可能性を秘めている。こうした取組はグローバルに競争が

激化しており、我が国の強みである製造業の優位性を失いかねないリスクがある一方、匠の技、現場力を有する中小企業・小規模事業者は、質のよいリアルデータを有している、あるいはリアルデータを取得できる環境にあるという点において、グローバルに見てもアドバンテージがあると考えられ、我が国製造業がいち早く対応していくことで、グローバル市場において新たな優位性を確立できる可能性がある。また、I o T、A I等の活用は、中小企業・小規模事業者が直面する人手不足や事業承継（技能承継）等の経営課題の改善の他、特定ものづくり基盤技術の高度化を図ることが期待されている。

中小企業・小規模事業者が取り組むべき方向性としては、①I o T、A I等の技術を活用することによって、これまで熟練技術者の経験や勘に基づいていた作業をセンシングし、匠の技をデジタル化するなど、中小企業・小規模事業者が有する基盤技術の高度化を図っていくこと、②中小企業・小規模事業者がデータを取得するためのセンサや、A Iのアルゴリズム、データ解析用の計算処理チップの開発など、I o T、A I等に関連する技術そのものを高度化させ、例えば自動走行やドローンによる宅配サービスなど、新たに広がる市場を捉えていくことが求められる。先述したとおり、I o T・A I等の技術はあらゆる産業分野に導入されていく可能性があり、これまで関係を有する川下製造業者等のニーズを満たすのみならず、新たなビジネスモデルを確立することで、自ら市場に近い分野に進出し、中小企業・小規模事業者自身の魅力を一層高めていくことも期待される。

他方、個々の中小企業・小規模事業者だけでは、扱うデータの質・量の観点からも限界があることから、『Connected Industries』として、様々な人・企業・機械・技術等とのデータ活用・連携を進めていくことも重要である。その前提として、契約等に基づくデータ利活用権限を指すデータオーナーシップの考え方に基づく契約ガイドライン等の活用、サイバーセキュリティ対策や、人材育成等に取り組んでいくことが求められる。

このような内外の情勢を踏まえ、第4次産業革命をチャンスと捉え、中小企業・小規模事業者による特定ものづくり基盤技術の高度化を図っていくべき方向性を示してきた。第4次産業革命では、特にスピード感が求められることから、様々な関係機関と連携しながら中小企業・小規模事業者による積極的かつ挑戦的な取組が期待される。

加えて、2020年には、新型コロナウイルス感染症が世界中で爆発的に感染拡大し、新しい働き方や生活様式が浸透する中、製造業においては、特に、サプライチェーンのいかなる地点にも同時多発的に被害や影響が発生し得ることが明確となり、これまでの想定をはるかに超えるサプライチェーン

リスク管理の必要性が浮き彫りとなった。引き続き世界的な不確実性の高止まりが想定される中、今後、中小企業・小規模事業者においては、自らが関わるグローバルサプライチェーン全体を俯瞰・可視化し、これまで以上に多面的なリスク対応を講じることが重要である。さらに、今後ますますの市場拡大が見込まれるグリーンやデジタルの分野においては、半導体や蓄電池などが製品やサービスの品質向上に重要な役割を果たすこととなることから、こうした分野における研究開発やサプライチェーンの構築・強靱化を進めることも重要である。

また、人類共通の喫緊の課題として認識されている「気候変動問題」について、我が国は2020年10月に「2050年カーボンニュートラル」を目指すことを宣言するとともに、2021年4月には、2030年度の新たな温室効果ガス排出削減目標として、2013年度から46%削減することを目指し、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けることの方針を示している状況にある。中小企業・小規模事業者においては、自らが排出するCO₂の削減に取り組むことに加え、特定ものづくり基盤技術の高度化の観点からは、グリーン成長戦略において成長が期待される産業とされている14分野の川下産業における活用も意識しつつ、研究開発に取り組むことが重要である。

さらに、環境や状況が予測困難なほど激しく変化する中、中小企業・小規模事業者には、変化に対応するために柔軟に自己を変革していく能力が求められるが、こうした能力を強化するためには、特に、製造装置等から収集したデータを元にAIを用いて状況の変化を予測する、販売した製品から収集したデータを元に顧客に対してサービスを提供するといった、デジタルトランスフォーメーションの取り組みを深化させることが重要である。こうした生産プロセスの最適化やいわゆるコトづくりへのビジネスモデル変革は、付加価値向上にも直接的に寄与するものであり、中小企業・小規模事業者においては、積極的に取り組むべきものであると考えられる。

上記観点を踏まえ、本指針では、我が国製造業の国際競争力の強化及び新たな事業の創出に特に資する特定ものづくり基盤技術ごとに、市場における川下製造業者等の課題やニーズへの対応、新たな市場獲得に向けた高度化の目標、さらにその高度化の目標を達成するために必要な研究開発の方向性を体系的に整理することとする。また、事業者が効率的、効果的に技術開発を実施することができるよう、技術別に川下製造業者等や研究機関との連携の重要性や、環境負荷抑制等に関する事項についても対象とする。さらに、人材確保・育成、技術・技能の継承、取引慣行の在り方等、特定ものづくり基盤技術の高度化に深く関係する環境整備的な側面についても整理を行う。

二 個々の特定ものづくり基盤技術ごとの事項

(一) デザイン開発に係る技術に関する事項

1 デザイン開発に係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

当該技術は、製品の審美性のみならず、ユーザーが求める価値、使用によって得られる新たな経験の実現・経験の質的な向上等を追求することにより、製品自体の優位性に加え、製品と人、製品と社会との相互作用的な関わりも含めた価値創造に繋がる総合的な設計技術である。

デザインの優劣によって製品の売上が大きく変化する等、当該技術は、マーケットに直接影響を与え得る重要性の高い技術である。さらに、製品の形状・質感の改善や操作性・安全性の向上による個々の製品としての機能向上に加えて、製品とユーザーとの関係性や心地良さ、使用環境との調和を分析することで、製品とユーザーとの新たな関係の提案による生活スタイルの革新、製品とサービスの融合による新しいビジネスモデルの創出等、コトづくりへの波及効果がある。加えて、高齢化等の社会的課題への対応に際しても重要な役割を担うと考えられる。

一般市場向け製品開発においてユーザーに訴求する事項は、川下製造業者等が主体的に決定するケースが多いが、川上中小企業者等が下請構造を脱して、市場に近い事業領域を目指すためには、当該技術の獲得・高度化が極めて重要な課題となる。

当該技術の川下製造業者等の産業分野としては、全ての産業分野が横断的に該当すると考えられるが、特に製品の価値向上におけるデザインが重視される分野として衣料品・日用品等の産業分野が挙げられる。また、自動車等の輸送機械分野、ロボット分野でもデザインの重要度は高く、これまでは川下製造業者等が主体的に担っているものの、川上中小企業者等が当該技術の高度化に取り組むことにより、製品等の消費者への認知度の向上、川下製造業者等への波及効果が期待される。

さらにデジタル家電分野等では、単なる製品の形状・操作性の設計だけではなく、新しいコンテンツや情報通信ネットワーク等のサービスとの融合によって消費者の生活スタイルをデザイン（スマートライフ・ホーム）するという広い視点から、当該技術の重要性が高まっている。その他にも、例えば、農林漁業の六次産業化等、幅広い分野において当該技術が求められている。

(2) 当該技術の将来の展望

グローバル化の進展や企業間競争の激化のなか、川上中小企業者等が

市場で存在感を保ち、生き残っていくためには、消費者や川下製造業者等に対して製品の魅力を独自に提案できる企画力・提案力が求められている。消費者市場に近い事業領域にあっては、機能性や経済性に加えて、ユーザーが求める価値・経験を捉えることが重要である。

しかしながら、川上中小企業者等は、加工技術や成形技術の保有、審美性の追求等、単一領域における強みがあったとしても、市場分析から周辺技術の調査・課題発見、様々な領域における必要な研究開発、試作、知的財産権（特許権、実用新案権、意匠権、商標権、著作権等）の取得及び取扱い等、製品設計を総合的に実施する体力に課題を抱えている場合が多い。また、川上中小企業者等は川下製造業者等に比べ、価値創出の上で重要な役割を担っていたとしても、立場上その取組に対する適切な評価がなされにくいことも課題に挙げられる。このため、デザイン開発技術の高度化を進めるにあたっては、常に市場ニーズを意識し、最終的な製品として利用される場面を見越した設計を検討するとともに、求めるリソースを持つ者と任意に連携しながら製品開発を促進することが求められる。

他方、I o T、A I等の活用によって、こうした課題を解決し、デザイン開発に係る技術の高度化やそれに関連した新たなサービスが創出される可能性がある。例えば、ユーザーや川下製造事業者等のニーズをタイムリーに捉え、自動制御技術等と組み合わせることで、多様化する個々のニーズに対応したカスタマイズ製品を迅速かつ安価に供給する（マスカスタマイゼーション）等、更なる技術の高度化等の可能性を有している。

また、計測機器等により生成されたデジタルデータを元に、3Dプリンタやレーザ加工機等の工作機械で復元・製造するデジタルファブリケーションによって、将来的には個人が企画・デザインを設計し、製品化するといったことも想定される。こうした中で、当該技術は、I o T、A I等の活用も含めた総合的な設計技術として期待されるものであり、これを前提として各技術分野に関する研究開発が進められていくことが想定される。

（3）川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える共通の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 審美性・感性価値の向上

ユーザーを魅了する製品づくりにおいて、審美性の向上に対するニーズが高い。従来のものづくりでは、このような直接ユーザーに訴求する事項は、川下製造業者等が主体的に決定するケースが多かったが、近年では川上中小企業者等の側から、審美性に優れた製品や部品を提案することが求められている。

イ. ユーザーが求める価値・経験の実現

素材、部品や製品に対して、設計理論に基づいた形状や構造の最適化等が求められるが、加えて、製品の使用によって得られるユーザーエクスペリエンス、サービス価値の向上のためにも、ユーザー視点に立った価値・経験を実現することが求められる。例えば、当該技術の高度化による、空気抵抗を極限まで低減する流線型形状の構造や限られた空間に微細な部品を最適に組み込んだ製品等の開発は、製品そのものの機能の向上に加え、ユーザーの満足感を高める効果も期待できる。また、人間工学に基づくデータを活用することで、使用時のユーザーエクスペリエンスを定量的に分析し、製品を高機能・高性能化するような取組もでき、重要性が高まると考えられる。

ウ. 製品・サービスのユーザビリティ

ユーザーが容易かつスムーズに製品等を使用できるよう、操作性・機能性の向上が求められる。特に、一般のユーザーが使用する製品や操作が複雑な機器等にあっては、マニュアルを参照しなくても直感的に操作ができるような工夫や、操作方法等が視覚的に認識できる技術を活用することにも高いニーズがある。

また、障害者や高齢者等も含め、全てのユーザーにとって使い勝手が良い設計、すなわちユニバーサルデザインに配慮した対応も求められる。

エ. 製品の安全性・品質の安定性

川下製造業者等のみならず消費者や社会全体からの製品の安全性及び品質の安定性に関する要求水準は高まっており、想定されるあらゆるリスクに備えた安全設計への取組が求められる。

なかでも、幼児等による想定外の使用に対する安全性の確保・向上や、長期使用や劣悪な使用環境に起因する故障時に製品が安全サイドに機能を停止するフェイルセーフ設計が重要な課題である。さらに、設計、生産工程や使用時の外乱に対して品質の安定化を図るために、製造工数の削減やロバスト設計が求められる。

オ. 環境負荷への対応

ものづくりに課せられる環境への責任は年々強まりと広がりを見せている。持続可能な社会の実現を目的として、生産、使用、廃棄、リサイクル等製品のライフサイクル全体を通じた環境負荷の低減が社会的な課題となっている。そのため設計からリサイクルに至る全ての工程において、環境負荷低減につながる配慮、取組が求められる。

カ. ブランド化

当該技術によって審美性、安全性・品質、操作性等を確保・向上したとしても、消費者に直接訴求しなければ、満足感・魅力の向上、他者との差異化には繋がらない。そのためにはものやサービスの価値を無意識に認識できるブランドを確立することが重要であり、デザイン開発の高度化と連携して、製品を購入する影響要因へのアプローチが必要である。

②高度化目標

ア. 審美性・感性価値の向上

審美性・感性価値は、ユーザーの感受性や価値観等に深く関わる事項であり、本来、工学的な手法だけでは高度化を図ることは難しい。そのため、デザインへの取組に対する目利きの確保が重要である。また、審美性・感性価値の向上のためには、試作段階において試行錯誤の中で、ユーザーニーズに対応していくことが重要である。そのため、試作プロセス効率化はユーザーニーズに迅速に対応する上で重要な役割がある。具体的には、3次元CAD (Computer Aided Design) ソフトウェアの高度化、コンピュータによる操作シミュレーションの活用、モックアップ試作の効率化等が有効である。

また、保有技術の評価、コンセプトの確立、ユーザーの共感の定量的な測定も当該技術の高度化のための有効な手法である。様々なマーケティング手法を駆使することで、形状、色彩、質感、装着感といった感性価値を的確に把握し、デザインにフィードバックする。

イ. ユーザーが求める価値・経験の実現

ユーザーが求める価値・経験を、コストも含めた最適なバランスで実現するためには、設計理論に加えて、ユーザーエクスペリエンス等を製品開発に反映させることや、人間工学等に基づく定量的な

分析、短納期開発、フレキシブル生産、サービス価値によるユーザーニーズへの対応等を製品開発に活用していくことが有効である。

ウ. 製品・サービスのユーザビリティ向上

操作性や使用感の向上のためには、試作品開発と使用テスト等を通じた試行錯誤が想定されるが、人間工学等の学術に裏打ちされた手法と人体寸法や運動能力・操作能力等に関するデータベースを活用することで、その効率化を図ることができる。

さらに、ユニバーサルデザインに基づいて、全てのユーザーにとって利便性や認知性が高い製品を設計することも有効である。特に障害者や高齢者等特定のユーザーを想定した製品やそのデザインにおいては、個々のニーズに配慮して製品や部品のカスタマイズ、サービスの提供を行うことでユーザーの利便性が向上し、満足度の向上が見込まれることから、ユーザーニーズに応じて、製品・サービスの差別化、標準化を行う。

エ. 製品の安全性・品質の安定性の向上

過去の製品事故に関するデータベースを参照することで、製品や部品に潜む潜在的なリスクを推定することができる。IT (Information Technology) 活用によるリスク分析や安全設計により、製品事故を未然防止し、製品の安全性を向上させる。生産工程のシミュレーションによって生産時の不良品の発生を抑制し、使用時における外乱の影響をシミュレーションすることで劣悪環境下の使用でも製品や部品の機能を保持できる品質安定性を実現する。

さらに、部品に不具合が生じた場合の製品全体、想定外の使用も含め、製品が使われる場面を、様々な観点からシミュレーションすることで、不具合発生時に安全サイドで機能を停止するフェイルセーフ設計を実現する。

オ. 環境負荷の低減

形状に起因する空気抵抗の低減等、デザインは製品の環境負荷低減への貢献の重要な要因となっている。生産工程の簡素化、原料使用量の削減、廃棄段階におけるリサイクル性への配慮がされた設計は、製品のライフサイクル全般に渡る環境負荷を低減する。

このために、部品・製品設計の初期の段階からCAD、CAM (Computer Aided Manufacturing)、CAE (Computer Aided Engineering)等の技術を活用して製品のライフサイクル全体を検証するとともに、特に生産プロセスのデザインにおいては、部品や製品のデザイン変更に対応できるよう柔軟性が高い生産現場を

実現する。

カ. ブランド化

上記の高度化によるデザインで市場に大きなインパクトを与えるためには、マーケティング等によりその個性を訴えることが重要である。そのためにもユーザーの潜在的なニーズにも対応できるような製品のターゲットング手法の開発や、統一感のあるデザインによる製品のブランド化を図ることが有効であり、このような考え方を戦略的な企業経営に活用する。

キ. I o T、A I 等によるデータ利活用の推進

I o T、A I 等のデータ利活用に関する急速な技術革新が進展することによって、デザイン開発に関するニーズの把握や設計等のあらゆるプロセス等を革新し、新たなサービスが創出される可能性がある。こうした技術を積極的に活用し、上記ア. からカ. までに掲げるデザイン開発に係る技術の高度化目標を実現する。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 医療・健康・介護分野に関する事項

医療ニーズの多様化や医療技術の高度化に伴い医療機器等に対する開発ニーズは増大している。低侵襲治療を支援する医療器具、医療用人工部品等は、材質的に人体への影響が少ない等安全性に加えて、形状・触感等における装着感や肌触り等をはじめとした人体との親和性、術中に的確かつ繊細な操作をするための操作系の形状や、器具の軽量化といったことが求められる。このようなデザインは医療等の分野の高度化に資する重要な技術である。

さらに、介護機器等の福祉用具においては、高齢者の自立支援や介護実施者、被介護者双方の負担の軽減に資するためのロボット介護機器等の開発ニーズが高まっており、介護、福祉サービスの質の向上を支える上でデザイン技術の向上が重要となる。また、誤作動が生命に重大なリスクを招くため、フェイルセーフ設計を徹底するとともに、ユーザーの操作の安全性を高めることが求められる。

また、近年では予防医療に注目が集まっており、生活習慣病等の予防のための行動変容を促す医療機器やウェアラブル端末等の開発の進展が見込まれる。このようなデザインは医療等の分野の高度化に資する重要

な技術である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 製品の安全性、使用時の安全措置
- イ. 操作性や装着感等のユーザビリティの向上
- ウ. 人間の行動変容を促す機能の実現

②高度化目標

- ア. 人体への安全性の実現とフェイルセーフの徹底
- イ. 人間工学・生理学等の理論に基づく高いユーザビリティの実現
- ウ. 予防医療の促進のための人間の行動変容に資するデバイス・ソフトウェアのデザイン

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

社会システム全体の中で、エネルギー消費効率の最大化や環境負荷の最小化が期待されている中、環境適合設計によるエネルギー効率の向上・低環境負荷性等の実現が求められている。特に、近年注目されている洋上風力・燃料アンモニア・原子力・水素・太陽光といった脱炭素化に向けたエネルギーについては、発電効率・環境負荷低減への要求が非常に厳しい中で、我が国固有の台風や地震等の高い災害リスク等への課題への対応も求められる。また、エネルギーの安定供給に向け、設備の拡張性・メンテナンス性等の運用における個別要求も求められることから、川下・川上双方の製造業者の連携したシステムデザインをベースとした技術開発・システム開発への取り組みが必要であり、当該技術が重要である。また、エネルギーシステムにおけるユーザーによる誤操作の防止、不具合を重大事故に繋げないための冗長性の確保等、人間工学等を活用した安全性向上やシステムの多重化等も求められている。

他方、エネルギー需要家側のエネルギー利用最適化に繋がるエネルギーマネジメントシステムへの取り組みも注目されており、例えば、給湯、空調、照明等需要側の機器と系統の状況に応じ、ヒトの快適性を損なわず、最適制御を自動的に行えるシステム開発といった取り組みや、各家庭における機器のデータをIoT、AIで収集・解析し、快適でエコなライフスタイルを提案することで、脱炭素に向けた高度な行動変容を促進する取り組み等も注目されており、こうした仕組みを実現していくためにも当該技術が重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. エネルギー効率向上
- イ. 劣悪な使用環境下や我が国固有の気候条件災害に対する耐久性の向上

- ウ. エネルギーシステムに関する拡張性向上・操作性向上
- エ. 冗長性の確保によるシステム安定性の向上

②高度化目標

- ア. 大規模なシミュレーションによるシステム全体の挙動検証
- イ. 通常運転時における操作性の向上と異常時への対処
- ウ. システムの多重化・メンテナンス性の向上
- エ. 発電効率向上・耐久性向上に関する技術の高度化
- オ. 快適性等の感性を解析することのできる技術の高度化

3) 航空宇宙分野に関する事項

航空宇宙分野においては、安全性の確保が最重要課題である。操縦者の誤操作を徹底的に排除するための機器の操作性、計器の視認性の向上、フライ・バイ・ワイヤ等の電子制御で使用される電子部品の高信頼設計等が求められる。また、乱気流による急な揺れ等の事態に備え、座席やワゴン等の備品の堅牢化や安定性の向上が求められる。さらには損傷が発生した際の飛行の継続を確保する設計も重要である。他方、搭乗者の快適性の向上も重要な課題であり、疲労が少ない座席形状のデザインや、照明・音響等機内環境の快適性がユーザーの満足度の向上に繋がる。

さらに、燃費向上、航続距離の延長等経済性の観点から効率的な流体設計や機体及び部品の軽量化・コンパクト化も求められる。安全性を最優先しつつ、快適性と経済性のバランスを図ることが重要である。

また、操縦者の運航支援として、人工衛星・データ通信技術を活用することにより、操縦者が安全で最適な軌道を判断し安全性を確保するための取り組みも行われており、そのためユーザビリティ性に関わる設計を行うためにも、当該技術が重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 快適性の向上
- イ. 安全性・操作性・認識性の向上
- ウ. 燃費等の経済性の向上

②高度化目標

- ア. ユーザビリティの向上、快適性の実現
- イ. 情報技術等を活用した電子部品の機能性・信頼性向上
- ウ. I o T等のデータ活用技術の高度化
- エ. シミュレーション、流体工学等による省エネルギーに資する設計

4) その他の分野に関する事項

a. 衣料品・日用品等分野に関する事項

衣料品・日用品等は生活に身近な存在であり、衣料品、衛生用品、化粧品、家具等のように人体親和性を考慮の上設計されているもの、装飾品・玩具等のように審美性やブランド化が重視されているもの、日用雑貨等のように利便性の向上が求められるもの等、その用途に応じてニーズ・課題も多様化している。製品事故の防止や誤飲防止といったリスク回避等、ユーザーが安全に使用する上での大前提条件に加えて、ユーザーエクスペリエンス等に配慮し、ユーザーが快適に利用できる製品の開発が求められる。ユーザーの特性に応じた個別設計と全てのユーザーにとって利便性の高いユニバーサルデザインによる双方のアプローチが重要であり、マーケットニーズに応じて、製品・サービスの差別化、標準化を図っていくことが重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 快適性の向上
- イ. 安全性の向上
- ウ. マーケットニーズへの対応

②高度化目標

- ア. ユーザーエクスペリエンスへの配慮
- イ. 人体への安全性の実現、フェイルセーフの徹底
- ウ. 製品・サービスの差別化、標準化

b. 自動車等輸送機械分野に関する事項

多様化する顧客ニーズ、安全面からの操作性向上に応えるために、デザイン形状や衝突安全性の高度化等が課題である。今後、自動走行技術が社会に進展していくことよって、人によるハンドル等の操作を前提としない自動車が生まれる可能性もある。それにより、例えば人によるハンドル等の操作の在り方が自動走行の度合い（運転支援から完全自動運転）に応じて変化していくことが想定され、操作性や安全性の高い操縦席・内装のデザイン等、消費者ニーズも多様化していくことも想定され、当該技術が重要である。

また、操縦自体の自動化や付属機器のIoT化が進展している。例えば、船舶等物流関連の輸送機械に関しては、AI・IoT等を活用することで、ヒトが的確に運航の状態・運行ルートを把握し、適切な判断を行うことを支援するシステム等が求められており、当該技術が活用されている。こうしたシステムの開発を支えるために、種々の電子機器の操

作性向上や連携、システムの安定性、堅牢性等の配慮も重要である。

さらに、こうしたI o T化による自動車等輸送機械といったモビリティのコネクテッド化・自動化がさらに進展していくことで、モビリティから取得される多様なデータが都市の情報ネットワークに接続し、都市インフラ等外部のデジタル化と繋がることにより、モビリティ周辺のサービスやその他幅広い業種でのサービスがデザインされ、スマートシティ化が進んでいくことが考えられる。そのため、当該技術による取り組みが重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高機能化、高性能化
- イ. 安全性・操作性の向上
- ウ. I o T、A I等の活用によるシステム化、利便性向上
- エ. 都市インフラとの接続による新たなサービスの創出

②高度化目標

- ア. 機能美の実現
- イ. ユーザビリティに配慮した安全設計の実現
- ウ. 周辺機器の機能性・信頼性向上
- エ. データ通信基盤構築に資する技術の高度化

c. スマートホーム分野に関する事項

情報技術の進展やデジタル家電製品の高機能化の進展に伴い、スマートフォンやタブレット、ノートパソコン等については軽量化・薄型化・小型化が進む中で高い剛性・耐衝撃性の確保が必要であり、パネルディスプレイ等については大型化及び審美性の向上に対応していくことが必要になる。

また、製品のI o T化が進む中で、生活シーンに密接な関係にある様々な製品がI o T製品に置き換わることが見込まれており、新たな使用場面や環境を想定し、データ活用により、生活スタイルそのものを提案していくことが求められる。製品に関わる新たなサービスの提供は、他の製品との差別化を図る上で重要な手法であり、ユーザーが求める価値や経験の実現にも繋がる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高機能化・高性能化・操作性の向上
- イ. 審美性の向上
- ウ. 独自の価値の創出
- エ. エネルギー消費効率の向上

②高度化目標

- ア. 高処理能力、ユーザビリティへの配慮
- イ. 加工技術の高精度化・高効率化
- ウ. 新たなサービスの提供
- エ. ユーザーエクスペリエンスへの配慮

d. ロボット・産業機械分野に関する事項

ロボットは製造プロセスの高度化等を目的とする産業用ロボットや医療・介護分野をはじめ人間の生活と密接するロボット等、その用途に応じて多様化している。前者は生産性の向上のために高速性及び長期安定性といった機能に加えて、作業に利便性を提供する操作性の高度化が求められる。後者は、人の生活と深く関わるため、使用時の快適性やリスクを勘案した安全設計が要求される。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 操作性の向上
- イ. 快適性の向上
- ウ. 安全性の向上

②高度化目標

- ア. 優れたユーザビリティの実現
- イ. ユーザーエクスペリエンスへの配慮
- ウ. リスク分析による安全設計の実現

e. 農業分野に関する事項

農業分野においては、農業の六次産業化とも言われるような新たな付加価値の創出への取り組みが注目されている。一次産業としての農産物の栽培と、二次産業としての加工、三次産業としての小売業等の事業との総合的かつ一体的な推進を図り、農村の豊かな地域資源を活用した新たな付加価値を生み出す取組であり、栽培して終わりではなく、その使い方・売り方まで含めてのトータルでのデザインが必要である。栽培・加工・販売におけるノウハウに加え、IoT、AIといったデジタルの要素を組み込むことで付加価値の高い産業としての成長が期待されており、当該技術が重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 生産性・加工技術の向上
- イ. 農産物の付加価値向上
- ウ. 販路の開拓・確保

② 高度化目標

- ア. I o T、A I を活用した生産性向上・加工技術向上にかかる技術の高度化
- イ. エコマース等異業種との連携を通じた技術開発・製品開発

2 デザイン開発に係る技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

当該技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を5点に集約し、以下に示す。

(1) 審美性向上のための技術開発の方向性

- ①形状、色彩等の審美性向上
- ②質感、装着性の向上
- ③形状や構造の最適設計
- ④感性価値・ブランドの創出
- ⑤デザインに関する人材・知見の活用
- ⑥ユーザー満足度の向上

(2) ユーザー価値・経験に対応した技術開発の方向性

- ①ユーザーの潜在的ニーズの発掘
- ②ユーザーエクスペリエンスに配慮したプロダクト価値の創出
- ③人と製品の相互作用の分析
- ④製品が提供するサービス価値の向上

(3) ユーザビリティの向上に対応した技術開発の方向性

- ①操作性向上、高機能化
- ②人間工学・リスク分析による安全設計
- ③ユーザーニーズに対応した差別化・標準化
- ④ラピッドプロトタイピング、試作工程の柔軟化・高度化

(4) 管理技術・環境配慮の向上に対応した技術開発の方向性

- ①製品の品質安定性の向上
- ②知的財産権（特許権、実用新案権、意匠権、商標権、著作権等）による保護
- ③海外市場に適合する規格・規制への対応
- ④メンテナンス性、修復性の確保
- ⑤リサイクル性

⑥不良率の低減、部素材の少量化

(5) I o T、A I 等を活用した技術開発の方向性

- ①センサ技術等を活用した信頼性の高いデータの取得・蓄積
- ②I o T、A I 等の活用による設備等の予知保全・遠隔保守、運用最適化、匠の技のデジタル化等を通じたデザイン開発プロセスの効率化・生産性向上
- ③I o T、A I 等の活用による新たなサービス創出

3 デザイン開発に係る技術において特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型企业へと進化するためには、川上中小企業者等は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の当該技術の発展に向けて配慮すべき事項

①産学官の連携に関する事項

川下製造業者等、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。特にI o T・A I等の活用においては、例えば、センサや情報処理等、それぞれの専門分野や技術等の強みを活かした企業間の連携が重要であり、当該技術分野を超えて、複数の技術分野を組み合わせた研究開発が求められる。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、熟練技術者とのペアリングによる研究管理や、I o T、A I等の活用による熟練技術者の匠の技・ノウハウのデジタル化等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。また、I o T、A I等の新たな技術の活用に求められるデータサイエンティスト等の専門技術者の確保・育成にも取り組んでいくことが必要である。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極

的にI o T、A I等の活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する国際標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が保有する技術を知的財産として認識し、管理していくことが重要であり、その有効な手段である特許権や意匠権の取得を適切に図る必要がある。他方、特許出願すれば、その内容が公になることや、特許権の効力は出願国にしか及ばないことから、特許出願せずにノウハウとして秘匿することや、出願公開されずに権利成立後も一定期間秘密を保持できる意匠制度を活用することが好ましい場合もあり、戦略的な対応が求められる。

川下製造業者等は、川上中小企業者等と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、川上中小企業者等が有する知的財産を尊重すべきである。

⑥サイバーセキュリティ対策・プライバシー配慮に関する事項

I o T、A I等の活用には、その前提となるサイバーセキュリティ対策や取得するデータに関するプライバシーへの配慮等について併せて検討することが重要である。

(2) 今後の当該技術に係る川上中小企業者等の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るためには、環境・エネルギー等のグローバルな社会課題への対応や、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。また、I o T、A I等のデータ利活用を前提とした製品・サービスについては、グローバルに流通することも見据えて、データに関する海外法制等にも留意した設計・開発を進めるべきである。

②取引慣行に関する事項

川上中小企業者等及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ま

しい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、デザイン思考（Design Thinking）を用いることで、ユーザーの潜在的な課題や期待に対して、従来の概念に囚われずに、自らの保有技術とビジネス価値を同期させるプロセスを導入し、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの開発、提供を進めていくことが重要である。特に I o T、A I 等を活用した研究開発を進めるに当たっては、川下製造事業者や市場の反応を試作品等にフィードバックさせながら、技術・製品の開発を進めていくといったアジャイル型の研究開発の視点を持つことも重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画（BCP（Business Continuity Plan））をあらかじめ策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、川上中小企業者等は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。

⑥ I o T、A I 等によるデータ利活用に関する事項

I o T、A I 等の活用により、川上中小企業者等が有する基盤技術の高度化を図ることが期待される一方、重要な技術情報等を狙ったサイバー攻撃は増加傾向にあり、その手口も巧妙化している。データを扱うに当たっては、「I o Tセキュリティガイドライン」等を参考にしつつ、こうしたサイバー攻撃のリスクを認識し、自社に加え、取引先等の関係者も含めたセキュリティ対策を講じることが重要である。また、中小企業者等が、他者と連携してデータを活用・共有するためには、データの利活用促進と適切な保護の観点から、「データの利用権限に関する契約ガイドライン」等を参考にしつつ、データ活用の在り方に関して十分な協議の上で公平かつ適切に取り決めを行い、契約においてデータの利用権限や保護の考え方を明確にしていくことが重要である。

(二) 情報処理に係る技術に関する事項

1 情報処理に係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

当該技術は、IT（情報技術）を活用することで製品や製造プロセスの機能や制御を実現する情報処理技術である。製造プロセスにおける生産性、品質やコスト等の競争力向上にも資する。

当該技術には、製品自身の中に組み込まれ、その動作を制御し、目的とする機能を実現するソフトウェア（以下「組込みソフトウェア」という。）、製品を作る製造プロセスにおいて製造機器に対する動作の制御や、製造された製品の品質の検査等に用いられるソフトウェア（以下「製造プロセス関連ソフトウェア」という。）、製品の供給に向けた研究・開発・製造、製品の運用・保守等の各種プロセスにおいて、製品の動作、機能又はデザイン等をコンピュータ内の仮想空間に実現するソフトウェア（以下「デザインソフトウェア」という。）をはじめ、その他の多様なソフトウェア（以下「その他のソフトウェア」という。）が含まれる。これらの技術は相互に緊密に関連する。

生産機械や家電、スマートフォンやタブレット、自動車、各種電子機器等の工業製品の多くには、複雑な動作をあらかじめ定められた手順に従い実行、又は使用者の操作や使用環境の変化に応じて制御し、さらに外部の機器等との協調動作を実行するための演算処理装置や記憶装置、センサ等が搭載されている。このような機構は、搭載される機器に応じ、生産機械であればNC（Numerical Control）装置、自動車であればECU（Electronic Control Unit）等様々な名称で呼称される。また、サーバ等を含む各種のコンピュータを用いてそれぞれの場面に応じた情報処理を行うことにより、機器の制御や作業者の支援といった各種の目的を実現する。

当該技術は、機器内の記憶装置の内部に格納されるほか、汎用のコンピュータの記憶領域に格納、又は通信技術を活用して、機器外から必要に応じたダウンロード等により利用される。

当該技術は、製品の高機能化や製造プロセスの複雑化が進展するとともに、事業の国際競争が進展する現在の市場環境において不可欠のものとなりつつあるとともに、事業の成否を左右するほどにその重要性が高まっている。

さらに、製品の使用者による誤操作の防止を含む安全性・信頼性の向上、高齢者や障害者にも配慮したユーザビリティの向上、設計時のシミュレーション精度の向上等の要求も高まっている。そのような社会的要

求に対応するためにプログラムが複雑化・膨大化しており、それにともないプログラム上の不具合（いわゆるバグ）への対応も重要な課題となっている。その他、通信技術の活用によりネットワーク接続機能を搭載する製品が急速に増加しつつあることにより、制御システムセキュリティ・組込みシステムセキュリティを含むサイバーセキュリティ（以下、「サイバーセキュリティ技術」という。）の確保のための当該技術に対するニーズも高まっているほか、保全、保守、運用の段階においてファームウェアやOS、搭載アプリケーションが適切に更新される必要がある。

当該技術の川下製造業者等の産業分野としては、ほぼ全ての電子制御機構を有した製品をはじめ、研究・開発・製造等の各工程でソフトウェアを欠くことのできない製品が数多く存在する。中でもその重要性が高い代表的な分野としては、電子機器、産業機器、自動車、情報通信機器等が挙げられる。

（２）当該技術の将来の展望

当該技術は、今後、高機能・高性能な製品を実現するための主要技術として、その重要性はますます高まることが考えられる。加えて、機械製品や社会システムに機能を実装する際、従来はハードウェアの開発によって実現されていた箇所についても、演算処理装置に代表されるハードウェアとソフトウェアの両者によって実現される場面が増加すると考えられる。また、製品の実現に必要な研究・開発・製造等の各過程についても、ソフトウェアはすでに不可欠な基盤技術となりつつあり、今後の更なる発展が期待される。

加えて、ソフトウェアの特徴として、特定の規格が「事実上の標準（デファクト標準）」として利用される傾向にあることが挙げられる。例えば、デザインソフトウェアにおいて、ある形式のCAD等のデザインソフトウェアがデファクト標準になると、サプライチェーンで繋がっている中小製造業者は必然的に当該ツールを導入することになり、いわば「共通プラットフォーム」が形成されることになる。川上中小企業者等にとって使い勝手が良く、将来の技術拡張性が高い共通プラットフォームを形成することも、当該技術のテーマのひとつである。

また、あらゆる分野において、IoT、AI等の活用が進み、それによって様々な新サービスが創出される可能性がある。特に当該技術は、IoT全体の仕組みにおいて、データ処理や分析等を行う上で不可欠な要素であり、重要な役割を担うことになる。近年、GPU（Graphics

Processing Unit) 等のコンピュータの処理能力向上に伴い、A I 等の高度化も期待される。こうした新たな技術を求める川下製造事業者等の産業分野も、より一層広がっていく可能性を有しており、新たな市場を獲得していく観点からも、I o T、A I 等を支える情報処理に係る技術の高度化が求められる。

情報処理に係る技術の高度化やそれに関連したサービスの創出に向けて、当該技術分野においても、I o T、A I 等を活用した研究開発が期待される。

このような I o T 等のデータ連携基盤や A I は経済・産業政策上、競争力の源泉となる重要な技術インフラとなっているが、こうした重要な技術インフラをさらに飛躍的・非連続的に発展させる鍵となる基盤技術として量子コンピュータをはじめとした量子技術が挙げられる。量子技術は世界的にも将来の経済・社会に大きな変革をもたらす源泉及び革新技術として位置づけられ、我が国としても取り組みを加速している状況にある。特に当該技術は、量子技術における重要な役割を果たす基盤技術の一つであり、例えば、量子コンピュータにおける量子回路・レイアウトの設計開発環境の構築や、量子センシングにおける電気信号・光信号の高速信号処理アルゴリズムの開発等に必要不可欠な要素である。今後、次世代のコンピューティング技術・センシング技術等が量子技術によって実現されていくことが予想されるが、そのためにはより高機能・高性能な当該技術が求められるため、量子技術の発展に向け、川下製造業者等との密な連携による当該技術要素のさらなる高度化に向けた取り組みが期待される。

加えて、こうした I o T、A I、量子技術といった革新的な技術開発による社会のデジタル化がもたらすメリットを最大化できるよう、サイバーセキュリティの確保も求められる。国際的にも、科学的基礎に基づくセキュリティ対策がより重要性を増すと考えられるところ、そのための研究開発への期待は高い。特に、当該技術の高度化が貢献でき得るセキュリティ基盤技術としては、例えば、I o T 社会におけるシステムの信頼の基点となる I o T 機器末端におけるセキュリティの確保に係る物理攻撃の検知やハードウェアトロージャン検知にかかるセキュリティ関連演算処理技術等が挙げられる。また、耐量子コンピュータ暗号としての、原理的に安全性が確保される量子暗号通信の実用化に関するソフトウェアデファインドネットワーク制御技術の導入等に関する要素技術も挙げられる。こうした基盤技術の研究開発に関し、アカデミック、川下製造業者等を含めた産官学による密な連携を通じた取り組みが期待され

る。

(3) 川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える共通の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 製品・システムの高付加価値化

ソフトウェア製品を含む製品・システムの高付加価値化、競争力強化のためには、高機能化、品質向上、開発期間短縮、設計や開発及び製造等の各場面での生産性向上、コストの低減等を実現することが必要である。各場面において必要となる各種のソフトウェアを高度化することが求められる。あわせて、事業構造の全体最適化、事業継続性の確保の観点からも製造業のサプライチェーン全体を見える化・最適化することも有効である。

イ. 新たな活用分野の開拓、機器・システム間の連携の推進

情報の利活用が高度化、広範囲化する中で、当該技術を活用した新たな適合分野を開拓することが重要である。製造業においては当該技術の活用により積層造形技術の実現や工作機械の一層の高度化が進展している。また、製品の製造過程に留まらず各種の場面において高度な当該技術を機器・システムを通じて活用することにより既存の産業のビジネス領域の拡大、価値の向上が期待される。

あわせて、当該技術の活用による電力や再生可能エネルギーの利用等の高度化を図るスマートコミュニティ等の試みも進められている。高度情報通信技術等を活用して、簡便に複数の機器間の連携や情報システムとの連携等の既存の製品の枠を越えた新たな製品・システムの実現による価値創造が期待されている。このような新しい産業・社会システムの実現には、当該技術の活用が不可欠である。

また近年では、我が国の強みである高品質・高付加価値な製品の国際競争力維持向上に向け、各製品のもつ特性・特徴や、製造にかかる二酸化炭素（CO₂）排出量及び削減量を定量的なデータに基づき示しながらグローバルに展開していくことが求められており、こうしたデータを高いトレーサビリティ・高信頼な情報として収集分析し定量的に提示していく必要があり、当該技術の活用が不可欠である。

ウ. ものづくりにおける研究・開発・製造等の生産性向上を支援する

技術の高度化

自動車部品等の設計や、強度や熱の影響等のシミュレーション等、我が国の製造業においてはソフトウェアの活用が不可欠である。我が国企業の国際競争力強化のためには、研究・開発・製造等の各過程において生産性向上を図ることが不可欠であり、その実現のために更なる当該技術の活用範囲の拡大と新たな技術の創出が強く期待される。

エ. 製品・システムの安全性の確保・信頼性の向上

組込みソフトウェアにおいて不具合が生じた場合、産業、生活、人命等に対し、様々な影響が生じるとともに、その損害は甚大なものとなるおそれがある。そのため当該技術を用いた製品・システムについて、安全性の確保（不具合発生時の安全確保等）、信頼性の向上（故障発生の低減等）が重要な課題である。

オ. 製品・システムの品質向上、開発期間短縮、開発コスト低減

川下製造業者等においては、様々な製品・システム等を開発・販売するに際して、市場のニーズに合致した製品・システムの品質、開発期間、コストの実現が、国際競争を勝ち抜くために必要となっている。このため、求められる品質を満たしつつ、ソフトウェア規格、部品の標準化等により、開発を効率化することが課題である。

カ. 製品・サービスのユーザビリティ向上

利用者の特性、ニーズ、使用環境に対応した製品が望まれており、特に一般の消費者が操作する製品では、誤操作による事故を防止する製品づくりも重要である。さらに、今後は機器がネットワーク機能により相互に接続されつつある中で、利便性の向上や安全確保を含めたユーザビリティの向上を通じ、製品・サービスの普及と高度な利用を促進することが求められる。

キ. 製品の開発拠点のグローバル化、各種国際規格への対応

国際競争が激化する中、川下製造業者等においては、製品等の開発を国内のみならず海外で実施する等の取組が進んでいる。このような背景のもと、製品の安全確保やデファクト標準に基づく共通プラットフォームへの対応の点から、国際規格への対応が不可欠の要件となっている。また、グローバルなビジネスが展開する現在においては国際規格に対応するだけでは不十分であり、国際標準化活動として国際規格の策定段階から積極的に参画することや、自らの提案する規格のデファクト化に向けた技術の普及の取組が国際競争力強化を図るためにもあわせて重要である。

ク. インフラ関連システムの海外展開及びそれを実現するための複数産業の連携

我が国産業の高度化、付加価値の増大に向けて、個別の機器や設備の納入のみでなく、設計・建設から維持・管理まで含めた統合的なシステムを一体化して海外に展開することが求められている。

②高度化目標

ア. 当該技術により実現される機能の高度化

i) 製品の高性能化・高機能化に向けた技術の高度化

製品の高性能化・高機能化の実現のためには当該技術の高度化が不可欠である。ソフトウェアによる情報処理の効率化や高速化、処理可能な情報量の拡大、それに伴い発生する課題への対応等をはじめとする各種技術の高度化が代表的な目標である。また、クラウドシステム上にソフトウェアを格納し、ネットワークを介して利用する等の新たな形態での当該技術の活用も進展しており、新たに登場する市場ニーズに対応するため、随時、技術の向上が重要である。

ii) 安全性・信頼性確保に向けた技術の高度化

製品の安全性・信頼性を確保するため、不具合の発生を防止する設計・開発プロセス、ソフトウェア・エンジニアリング、テスト・検証技術、機器に障害が発生しても重大事故を引き起こさない障害対応の設計思想やシステム等が不可欠である。例えば、機能安全技術（リスク分析技術、安全設計技術等）、障害情報・ユーザー情報の利活用技術（再発防止技術等）が求められる。さらに、様々な機器等のネットワークへの接続が普及しつつあるため、利用者の個人情報やセンサデータ、機器制御に対するセキュリティ対策、フェイルセーフ機能等に関する技術の向上を実現していく。

iii) ものづくりにおける研究・開発・製造等の生産性向上を支援する技術の高度化

研究・開発・製造等の各種の過程において、現在はほぼ全ての場面で当該技術の利用が欠くことのできないものとなっている。そのため、企業の実産性向上・競争力強化のためには、これらの各過程で用いられる当該技術が重要な要素を占めている。当該技術を活用することにより一人あたり・時間あたりの生産性向上を実現することが可能である。その際、将来的に様々な連携を見据

えて、機器・システム間で連携しやすい仕組みとすることが求められる。また、当該技術の活用により従前には不可能であった高い水準の性能を有した素材や形状の実現及び新たな機能や高い性能を有する製品の実現も見込まれる。製造業の更なる生産性の向上を実現する当該技術を創出・普及していく。

iv) ソフトウェア製品を含む製品の品質確保、開発期間管理、開発コスト管理に係る技術の高度化

川下製造業者等からのソフトウェア製品を含む各種製品についての適切な品質の確保、開発期間、開発コストに対する要望は、引き続き高い水準となることが見込まれる。そのため川上中小企業者等においては、川下製造業者等が求めるソフトウェア製品を含めた各種製品の品質、開発期間、開発コストに対応するための技術の開発、開発体制の構築を実現する。

v) 機器とネットワークにより構築されるシステムに関する技術の高度化

各種の機器間や機器とネットワークの接続により構成される大規模なシステムの社会インフラとしての活用が普及しつつあり、システム統合化技術、クラウドコンピューティング環境を前提とした社会システムの開発技術等の高度化が求められる。また、大規模な社会インフラの他にも、機器とネットワークの接続により構築されるシステムを利用する一般向けのサービスも広がりつつある。今後需要の高まることが見込まれるネットワーク関連技術やシステムを構成する機器に関する技術を含めたソフトウェア情報処理技術の高度化が重要である。また、高度化・複雑化するソフトウェアの開発に対応するための各種の開発技術を高度化する。

vi) 製品・サービスのユーザビリティ向上に関する技術の高度化

利用者の特性やニーズに対応するためには、製品やサービスのユーザビリティ等への配慮が必要である。また、ユーザビリティの向上により製品の誤操作等による事故を防止することも重要である。利用者の安全を前提として確保しつつ、製品・サービスの普及と高度な利用を促進するため、ハードとソフトの両面でのユーザインタフェースの改善や特定の利用者層のニーズに対応するための関連技術の開発等、各種のユーザビリティ関連技術を高度化する。

vii) 川下製造業者等の製造・販売拠点のグローバル化等に対応する

ための技術の高度化

当該技術に関連する産業は国際的な競争が極めて厳しいこともあり、「高付加価値領域」に開発資源を集中する一方で、「共通領域」は部品化・ツール化し、開発コストの安い海外において開発する等、グローバルな分散開発が求められている。そのため、グローバルな分散開発やグローバルサプライチェーンの構築等への対応に必要な技術を高度化する。

viii) I o T、A I 等を活用した製品・サービスを支える技術の高度化

I o T、A I 等を活用した製品・サービスがあらゆる分野で展開されつつある中、情報処理に係る技術は、I o Tにおけるデータ処理や分析等を行う上で不可欠な要素であり、かつ、A I そのものの技術でもある。これらの高度化・複雑化する多様なニーズに対応したネットワーク関連技術や関係機器、ソフトウェア等の情報処理技術を高度化する。

また、併せてI o T、A I 等を活用した当該技術の研究開発も推進する。特に近年注目されている当該技術としてはデジタルツインが挙げられる。工場の製造設備や建設物等のあらゆる現場において、デジタル空間に物理空間を再現することによって、現場の状況をリアルタイムに反映しながら、シミュレーション・分析・最適化を行い、その結果を現場にフィードバックすることによって、製造品質の確保、設備や建築物の予防保全といったことを実現する仕組みである。現場のデータを正しく解釈できる人材・及びデータを解析することのできる人材が密に連携したうえで、製品設計・製品データ管理・シミュレーション技術・VR・AR・I o T・A I といった当該技術を応用することより実現することのできる仕組みであり、製造業の競争力強化にむけ、当該技術の高度化及びそこに向けた体制を強化していく。

ix) 量子技術を支える技術の高度化

量子コンピューティング等の量子技術を実現する周辺技術の一つとして、情報処理技術は必要不可欠な要素である。例えば、量子回路・レイアウト設計開発環境に係るソフトウェア技術開発、量子コンピュータ製造に係る熱流分布等のリアルタイム可視化・シミュレーション技術、量子センシングに係る光子検出信号などの高速信号処理アルゴリズム開発、量子暗号通信分野に向けたソフトウェアデファインドネットワーク制御技術等が挙げられ川下

製造業者との密な連携による量子技術実用化に向けた情報処理技術を高度化する。

x) サイバーセキュリティを支える技術の高度化

今後のデジタル社会を支えるサーバーセキュリティの確保に向けた周辺技術として、当該技術は必要不可欠な要素である。例えば、量子通信・暗号の実用化に向けた、上記ix)にて記載したセンシング技術やネットワーク制御技術が挙げられる。また、IoT社会における信頼の基点となるIoT機器末端におけるセキュリティ確保のために、超小型、省エネルギー型、高機能型など個々のIoT機器に応じたアプリケーション開発技術や、性能やメモリ量に制約のあるIoT機器に導入可能なセキュアかつ低負荷なソフトウェア改ざんに関する真贋判定技術等が挙げられる。アカデミック・川下製造業者との密な連携による次世代セキュリティ技術実用化に向けた情報処理技術を高度化する。

イ. 他分野横展開に伴う技術的障壁の解決

i) 品質説明力の強化に向けた技術の高度化

ソフトウェアの開発規模拡大、開発期間短縮化、開発主体の多様化等の進展、その結果生じているソフトウェア等を原因とする障害等の影響拡大により、ソフトウェア開発技術やプロセスに求められる役割は重要なものとなっている。その中で、品質説明力の強化に向けた技術として、技術文書の品質向上技術、トレーサビリティ管理技術、定量的開発管理技術、独立検証・妥当性確認技術等の高度化及び開発過程等について記録・管理するための技術等の高度化と普及を行う。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 医療・健康・介護分野に関する事項

我が国の医療機器メーカーは、国際的に放射線治療機や画像診断機器分野に強みがあり、また、治療分野では川上中小企業者等が持つものづくり技術を活かした機器開発のポテンシャルがあるものの、大幅な輸入超過の状態である。そのため、医療分野においても機器とサービスの融合といった観点が重要となっており、医療サービスと一体となった海外

展開が求められている。このような中、我が国の医療・健康関連産業の海外展開に向けた各種の課題が具体化してきている。

重要な研究開発課題のひとつはユーザビリティの向上である。人間工学、認知工学、動態学等に基づき、利用者の特性や利用環境等に応じた柔軟性及び適応性を有する、使用者に配慮した製品・サービスの提供が必要とされている。特に、医療分野は人の生命や健康に直結する分野であることから、ソフトウェアやシステムの誤操作を含めたリスクを低減するためのユーザインタフェースの開発等の情報処理に係る技術の高度化が必要である。

また、医療機器等をネットワーク化し情報を統合表示することで手術効率化や安全性の向上を目的とする「スマート治療室」の実現に向けた技術に注目が集まる。当該技術領域では、産業用ロボット分野で技術が発達しており、医療分野への展開が期待されている。

① 川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 医療サービスと機器・システムの一体化及び海外展開

イ. 手術効率化

ウ. 安全性向上

② 高度化目標

ア. サービス・機器一体型ソリューションに対応した医療機器システム等の構築に関する技術の高度化

イ. スマート治療室実現に向けた医療機器ネットワーク技術の高度化

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

スマートコミュニティやスマートシステムといったネットワーク概念の発達とともに、システムの急速な複雑化、大規模化に対応しつつ、社会の利便性を向上し、エネルギー消費効率の最大化や環境負荷を最小化する高度なシステムの実現が期待されている。

近年、エネルギー価格の上昇に対応するため需要側の省エネルギー・節電の必要性が高まっている。経済性の面で合理的なエネルギーシステムの実現・普及を推進するとともに、中長期的には省エネルギー型の社会構造を実現するためには、産業分野、小口の需要家、家庭等のそれぞれの利用者において需要側からの省エネルギー・節電の取組が必要である。また、供給側についても再生可能エネルギーをはじめとした脱炭素化に向けたエネルギーの導入拡大を推進するため、スマートコミュニティの構築をはじめとした各種の取組も必要である。あわせて、水や大気、土壌等の環境保全、エネルギー利用機器の効率向上を実現するため

の当該技術の活用が重要である。また、脱炭素化にむけたエネルギーについては、エネルギー効率の向上や、製造工程及び発電設備自体に求められる環境負荷低減への要求が非常に厳しいことから、当該技術が非常に重要である。例えば、高度なシミュレーション技術を活用した発電予測等により発電効率の高い設備・製品を効率的に製造することが挙げられる。また、デジタルツインを活用した設備設計効率化・エネルギーマネジメントシステムへの関心も極めて高い。

その他の環境に関する点としては、カーボンニュートラルに向けた取り組みの背景から、各産業においてCO₂排出・削減のトレーサビリティが求められており、例えば、生産工程・物流工程等、製品が製造されて消費者に届けられるまでの各工程において、どの程度のCO₂排出又は削減に寄与したのかといったデータを定量的に示すことがグローバルにも求められるようになっており、データを定量的に収集・分析しかつ高信頼なデータとして提示するためにも当該技術の活用が重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 脱炭素化に向けたエネルギーの導入促進

イ. 環境関連データ収集分析等の環境保全関連技術の高度化

ウ. エネルギー効率の向上

エ. 安全性・信頼性確保に向けた技術の高度化

②高度化目標

ア. エネルギー利用の高度利用に必要なモニタリング・制御等の各種技術の高度化

イ. 脱炭素化に向けたエネルギー導入に必要なモニタリング・制御等の各種技術の高度化

ウ. 環境保全のためのモニタリングや情報の蓄積・活用及び機器の制御等に関する技術の高度化

エ. エネルギー効率向上のための機器の性能向上、システム化に関するシミュレーション等の技術の高度化

オ. 不具合発生を抑止、損失の拡大を防止するためのソフトウェア技術の開発

3) その他の分野に関する事項

a. ロボット分野に関する事項

我が国は、産業用途のロボット分野では、技術面、普及面とも世界最高水準にあるものの、家庭用途をはじめとする新たな市場の開拓は十分ではない。電気・機械・自動車メーカー等の各社においてサービスロボ

ットの開発も進められているが、周辺環境への適合や周辺の機器との連携を前提としない単独のロボット技術に主眼がおかれる傾向にあったことも十分な事業化に至っていない一因と考えられる。そのため、事業化・市場創出を見据え具体的なサービスを実現することを想定した製品の開発が必要である。また、国際展開を見据え、共同企業体による開発プラットフォームの作成といった取り組みが今後求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 機器・システムとの接続機能も活用した事業化可能な製品の実現
- イ. 社会システムに組み込まれたロボットの開発・事業展開
- ウ. ロボットを使用する現場との協業によるデータ収集

②高度化目標

- ア. 機器・システムへの接続機能の活用による付加価値創出に関する技術の高度化
- イ. 通信機能を有するロボット製品の基盤技術の高度化
- ウ. 製品の安全確保・信頼性向上のための技術の確立・高度化
- エ. 国際展開を見据えたプラットフォームの作成

b. 自動車等輸送機械分野に関する事項

自動車やカーナビゲーションシステム等関連端末のデジタル化／ネットワーク化や当該技術を活用した運転支援機能の普及が進展しつつある。一方で、我が国においては、それら通信機能を有した自動車と交通システムの連携については未だ実用化に向けた途上にある。大規模な産業構想の変化への対応の遅れが懸念されている。また、長期的にはEV (Electric Vehicle) ・PHV (Plug-in Hybrid Vehicle) ・FCV (Fuel Cell Vehicle) 等を活用するエネルギーシステムも構想されており、エネルギーインフラとしての自動車の新たな価値の創出を行うことにより、低炭素・分散・強靱なデジタル交通社会の構築が目指されている。

そのため、現段階においてはシステム開発等の技術的な課題や事業化可能性、社会的受容性の検討が進められている。これらに関する取組としては、スマートコミュニティ国内外実証事業等の成果をもとに、自動車・蓄電池を軸とした都市・交通システムとエネルギーシステムが融合した新社会システムとサービスを実用化し、海外に展開することが期待されている。こうした新社会システムにおけるインフラ協調型自動運転等の実用化に向けて、交通インフラや公衆広域ネットワークを利用したデジタル配信プラットフォームの開発、プラットフォームにおける大量

のデータを取り扱うためのセキュリティ・リアルタイム情報処理技術等に対するニーズも高まっている。

また、自動車等輸送機械自体についても、環境負荷低減・軽量化・信頼性向上等への要求が非常に強くなっており、そのため、自動車等輸送機械の製品開発工程における当該技術の活用が重要である。例えば、軽量化に向けた新材料の活用による製造工程の変化に伴う製造品質及び信頼性の解析・評価に関する新たな手法が必要となり、シミュレーション等の当該技術の高度化が重要である。加えて、VR・ARを活用した設計工程の効率化や、デジタルツインを活用した設計プロセスから製造プロセスに至るまでの製品開発工程効率化への関心も極めて高い。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 当該技術の活用による自動車の高性能化・高機能化
- イ. 自動車製造に関連する各種プロセスの生産性向上
- ウ. 交通システムとの接続に向けた自動車の情報化の推進
- エ. EV・PHV・FCVを含めたエネルギーシステム、サービスの実現

②高度化目標

- ア. 自動車の高性能化・高機能化に関する技術の高度化
- イ. 自動車の安全確保・信頼性・セキュリティ向上に関する技術の高度化
- ウ. 自動車の研究・開発・製造等の各種プロセスの生産性向上を実現するための当該技術の高度化
- エ. 周辺の機器・システムとの接続やデータ処理に必要となる技術の高度化

c. スマートホーム分野に関する事項

スマートホーム分野では、高機能化へのニーズに加え、新しい価値提供への期待が高まっている。機器のIoT化によって、機器情報や周辺環境情報、外部情報を連携させ、人の思考や行動パターンと結びついた形でデータを解析することで、次に人が何を望むかを先読みし、新たな製品・サービス提供につなげるビジネスが生まれつつある。また、近年では音声認識デバイスを介してのサービス提供や家庭内機器をコントロールする製品が登場している。一方で、我が国においては機器のIoT化が限定的であり、データ流通取引を事業化するための情報処理技術、AI等によるデータ解析技術の進展に遅れが懸念されており、デジタル家電等を活用したデータ流通市場の創出に向けた積極的な取組が求めら

れている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 当該技術の活用によるデジタル家電等の高性能化・高機能化
- イ. 新たなコンセプトによるデジタル家電等の開発
- ウ. データ接続、データ解析技術の向上

②高度化目標

- ア. デジタル家電等の高性能化・高機能化のための技術の高度化
- イ. 新たなデジタル家電等のコンセプトモデルの研究・開発
- ウ. 周辺の機器・システムとの接続に必要となる技術やデータの解析技術の高度化

d. 農業分野に関する事項

我が国においては、農業の産業化が十分でない場面が存在する。広大な土地の利用が困難な状況も少なくないという実情も踏まえると、生産性を高めるべく、より付加価値の高い農産物を生産することが、我が国の農業のグローバル展開を目指すためにも重要である。そのため、センサ技術や環境制御システム、データベースの構築等による情報の蓄積・活用といった I o T・A I 等の技術を活用した農業の実現が期待される。

あわせて、異業種プレーヤーとの連携も通じ、栽培作業の自動化等の一次産業のみへの活用ではなく、加工・販売も含めた六次産業化を目指し生産性向上・製品の高付加価値化・環境負荷低減に向けたスマート農業関連の技術開発による新たな付加価値の創出も重要である。例えば、I o T、A I・シミュレーション等を活用することによる、高度な収穫・出荷予測モデルと需要予測モデルを構築し、需要と供給の精度の高いマッチングが図られることで食品ロスを削減し、生産性や収益を向上することのできるシステム等が期待されており、当該技術が重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. I o T、A I 等を活用したシステムによる農業の生産性向上
- イ. 農産物等・関連ビジネスの付加価値の向上
- ウ. 農産物等の海外展開

②高度化目標

- ア. センサ技術等の農業システム関連機器の開発や環境制御システム等の活用による農業システムの実現
- イ. 農業の高度化のために必要となる技術の確立・高度化・普及

ウ. 農産物等の付加価値向上のために必要となる技術の確立・高度化・普及

e. コンテンツビジネス分野に関する事項

ネットワークを利用した各種のコンテンツの配信プラットフォームが登場し、電子書籍や音楽をはじめとしたデジタルコンテンツ市場等が拡大しつつあるものの、我が国においては、これら新規創出マーケットへの対応は途上にある。また、機器とコンテンツの融合領域の拡大も見込まれており、今後の更なる取組が期待されている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. コンテンツビジネス関連の機器・システムの開発

イ. 電子書籍市場等の新規創出マーケットへの対応

②高度化目標

ア. 機器の高性能化・高機能化のための技術の高度化

イ. コンテンツの利用に関連するソフトウェアに関連する技術の高度化

ウ. コンテンツに関連するデバイス・サービス関連技術の高度化

f. 流通・物流分野に関する事項

我が国の流通業は、人口減少に伴う労働不足及び需要の減少を背景に、サプライチェーンの効率化とともに付加価値の向上が求められている。このため、I o T・ビッグデータ・A Iを用いることによって、生産から消費までを含めたサプライチェーン全体を最適化することが求められており、需要面・供給面の両面から技術の高度化が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 高度な需要予測や店舗のスマート化等による流通分野の生産性向上

イ. 消費者ニーズを的確に捉えた新たな製品・サービス提供

ウ. 物流システムの高度化

②高度化目標

ア. 流通分野の生産性向上を実現する技術の高度化、新技術の開発

イ. データ接続、データ解析技術の向上

ウ. 物流・輸送技術の高度化、新技術の開発

g. 半導体分野に関する事項

半導体は、今後のデジタル社会を支える重要基盤であり、安全保障に

も直結する重要な分野である。特に近年、5G/ポスト5G、IoT、AI等のデジタル技術基盤の発展により、これらを活用した自動走行、FA、スマートシティ等のアプリケーションシステム・デジタルユースケースに必要な高機能・高性能及び省エネルギー・低消費電力な先端ロジック半導体・パワー半導体等が求められており、同時にグローバル化に向けたコスト競争力も重要である。こうした要求に対し、例えば半導体の微細化に向けた製造プロセス技術開発や、高集積化を可能とする3Dパッケージ技術開発、高性能化・低消費電力化に向けた新構造・新素材の適用等に関する取り組みが進められている。そのため、当該技術においては、こうした先端半導体の技術開発推進に向け、半導体設計製造プロセスの効率化に向けたAIやシミュレーション技術等の高度化が重要である。例えば、新素材を活用した先端パワー半導体の開発においては、発熱等の特性の違いを考慮した信頼性を確保する構造が必要となるが、従来の実験的な評価のみでは期間もコストも増大していくため、当該技術を活用した信頼性評価手法の高度化が重要である。高機能化・高性能化・省消費電力化についても、要求される性能を満たし得るのか等を効率的に設計する必要がある、AI・シミュレーション等の当該技術の活用が求められている。また、他の分野同様にデジタルツインを活用した設計製造プロセス効率化への関心も極めて高い。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 次世代半導体の信頼性向上
- イ. 製品開発工程の効率化

②高度化目標

- ア. 次世代半導体構造に対応しうるAI・シミュレーション技術の高度化
- イ. 材料特性・性能特性等の測定計測技術・シミュレーション技術の連携によるデジタルツインに向けた技術の高度化

2 情報処理に係る技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

当該技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を4点に集約し、以下に示す。

(1) 技術要素の高度化に対応した技術開発の方向性

- ①プラットフォーム
- ②通信・ネットワーク
- ③データベース
- ④画像・動画・言語処理
- ⑤画像・音声認識
- ⑥当該技術に係るセキュリティ
- ⑦ユーザインタフェース
- ⑧シミュレーション
- ⑨デザイン
- ⑩製造工程のモニタリング及びコントロール
- ⑪オペレーションのモニタリング及びコントロール
- ⑫ネットワーク接続による製品・サービスの付加価値向上
- ⑬WEB連携による製品・サービスの付加価値向上
- ⑭WEB連携による業務プロセスの生産性向上
- ⑮医療・健康・介護や環境、農業等の既存産業のIoT, AI等の活用
- ⑯エネルギー利用効率の向上
- ⑰エネルギー制御の高度化
- ⑱ビッグデータの活用
- ⑲クラウドシステム等を活用したソフトウェアの高度利用
- ⑳国際標準化活動への参画・デファクト標準化を含めた技術の普及
- ㉑機器・システム等の相互接続性の向上

(2) 開発手法の高度化に対応した技術開発の方向性

- ①要求獲得・要求定義
- ②機能安全技術（リスク分析技術、安全設計技術等）
- ③サイバーセキュリティを確保したシステム設計
- ④モデリング、モデルベース開発、形式手法
- ⑤ソフトウェアの実装
- ⑥独立検証・妥当性確認技術（IV&V (Independent Verification and Validation)）等テスト／検証
- ⑦ソフトウェアの開発効率の向上
- ⑧ソフトウェアの品質向上

(3) 管理技術の高度化に対応した技術開発の方向性

- ①グローバル分散開発への対応

- ②トレーサビリティ管理、定量的開発管理
- ③技術文書の品質向上・管理効率向上
- ④国際規格への対応、国際標準化活動への参画
- ⑤グローバルサプライチェーン等への対応

(4) I o T、A I 等を活用した製品・サービスの高度化等に向けた技術開発の方向性

- ①上記(1)から(3)までを踏まえたI o T等を支える情報処理に係る技術の高度化
- ②A Iの高度化(学習データの設計・検証、アルゴリズムの設計・構築等)
- ③I o T、A I等を活用した技術開発
 - a) センサ技術等を活用した信頼性の高いデータの取得・蓄積
 - b) I o T、A I等の活用による情報処理に係る技術開発プロセスの効率化・生産性向上
 - c) I o T、A I等の活用による新たなサービス創出

3 情報処理に係る技術において特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型企业へと進化するためには、川上中小企業者等は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の当該技術の発展に向けて配慮すべき事項

①産学官の連携に関する事項

川下製造業者等、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。特にI o T・A I等の活用においては、例えば、センサや情報処理等、それぞれの専門分野や技術等の強みを活かした企業間の連携が重要であり、当該技術分野を超えて、複数の技術分野を組み合わせた研究開発が求められる。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、熟練技術者とのペアリングに

よる研究管理や、I o T、A I等の活用による熟練技術者の匠の技・ノウハウのデジタル化等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。また、I o T、A I等の新たな技術の活用に求められるデータサイエンティスト等の専門技術者の確保・育成にも取り組んでいくことが必要である。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的にI o T、A I等の活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する国際標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が保有する技術を知的財産として認識し、管理していくことが重要であり、その有効な手段である特許権取得を適切に図る必要がある。他方、特許出願すれば、その内容が公になることや、特許権の効力は出願国にしか及ばないことから、特許出願せずにノウハウとして秘匿する方が好ましい場合もあり、戦略的な対応が求められる。

川下製造業者等は、川上中小企業者等と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、川上中小企業者等が有する知的財産を尊重すべきである。

⑥サイバーセキュリティ対策・プライバシー配慮に関する事項

I o T、A I等の活用には、その前提となるサイバーセキュリティ対策や取得するデータに関するプライバシーへの配慮等について併せて検討することが重要である。

(2) 今後の当該技術に係る川上中小企業者等の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るためには、環境・エネルギー等のグローバルな社会課題への対応や、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力

の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。また、I o T、A I等のデータ利活用を前提とした製品・サービスについては、グローバルに流通することも見据えて、データに関する海外法制等にも留意した設計・開発を進めるべきである。

②取引慣行に関する事項

川上中小企業者等及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ましい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、デザイン思考 (Design Thinking) を用いることで、ユーザーの潜在的な課題や期待に対して、従来の概念に囚われずに、自らの保有技術とビジネス価値を同期させるプロセスを導入し、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの開発、提供を進めていくことが重要である。特にI o T、A I等を活用した研究開発を進めるに当たっては、川下製造事業者や市場の反応を試作品等にフィードバックさせながら、技術・製品の開発を進めていくといったアジャイル型の研究開発の視点を持つことも重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画 (BCP) をあらかじめ策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、川上中小企業者等は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。

⑥I o T、A I等によるデータ利活用に関する事項

I o T、A I等の活用により、川上中小企業者等が有する基盤技術

の高度化を図ることが期待される一方、重要な技術情報等を狙ったサイバー攻撃は増加傾向にあり、その手口も巧妙化している。データを扱うに当たっては、「IoTセキュリティガイドライン」等を参考にしつつ、こうしたサイバー攻撃のリスクを認識し、自社に加え、取引先等の関係者も含めたセキュリティ対策を講じることが重要である。また、中小企業者等が、他者と連携してデータを活用・共有するためには、データの利活用促進と適切な保護の観点から、「データの利用権限に関する契約ガイドライン」等を参考にしつつ、データ活用の在り方に関して十分な協議の上で公平かつ適切に取り決めを行い、契約においてデータの利用権限や保護の考え方を明確にしていくことが重要である。

(三) 精密加工に係る技術に関する事項

1 精密加工に係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

当該技術は、金属等の材料に対して機械加工・塑性加工等を施すことで精密な形状を生成する精密加工技術である。製品や製品を構成する部品を直接加工するほか、部品を所定の形状に加工するための精密な工具や金型を製造する際にも利用される。

具体的な技術としては、金属、プラスチック、セラミックス等多岐にわたる材料を目的に応じた形状にするために、切削工具、電気、光エネルギー等を用いて素材の一部を除去し、必要な寸法や形状を得る加工技術等が用いられる。また、機械・工具又は金型等で圧力を加えて所要の形状・寸法に塑性変形・塑性流動させて成形する加工技術等様々な技術が用いられる。これらの技術はいずれも製造業の根幹をなす基幹技術であり、特に、様々な加工の中心となる工作機械、鍛圧機械の技術レベルは、他の産業の競争力に大きな影響を与えている。

当該技術の中には、熟練技術者の匠の技・ノウハウ・経験に依存しているものも多く、その継承・育成を図る必要がある。一方、三次元CAD技術の進歩によるデザインの高品位化・複雑化の急激な進展に伴い、高度化する要請に対し、熟練された技術・技能を活かしつつ対応していくことも重要である。

当該技術の川下製造業者等の産業分野としては、ほぼ全ての機械製品が該当するが、その重要性が高い分野として、医療機器、航空宇宙機器、自動車、情報通信機器、ロボット、産業機械、農業機械、造船等が挙げられる。

(2) 当該技術の将来の展望

当該技術はものづくりの根幹となる技術であり、ものづくり産業全体の競争力を決定づける重要技術である。特に量産段階においてはコスト競争力が重要な要素であり、新興国等の競合国の技術水準も向上しているため、コスト面での競争激化が予想される。

また、熟練技術者の技能継承・育成に加えて、データベースの整備による部品自体のデザインの高品位化、高精度複雑形状加工の高度化、軽量化難加工素材加工の高度化、製品精度の向上を重視した微細加工といった川下製造業者等からの高度な要望にも応えていく必要がある。

さらに、国内製造業の海外生産シフト、新興国等の追随等により、当該技術の市場環境の変化に応じていくことも、今後一層重要な課題になる。

他方、I o T、A I等の活用によって、こうした課題を解決し、精密加工に係る技術の高度化やそれに関連した新たなサービスが創出される可能性がある。例えば、熟練技術者の作業をセンシングし、A Iによる解析によって暗黙知である匠の技・ノウハウをデジタル化することや、稼働データ等に基づく最適な精密加工機械の制御による製品の品質確保等、更なる技術の高度化等の可能性を有している。I o T・A I等を活用した新たな技術を求める川下製造事業者等の産業分野も、より一層広がっていく可能性を有しており、こうした新たな技術を活用した積極的な取組が求められる。

このようなI o T等のデータ連携基盤やA Iは経済・産業政策上、競争力の源泉となる重要な技術インフラとなっているが、こうした重要技術インフラをさらに飛躍的・非連続的に発展させる鍵となる基盤技術として量子コンピューティングをはじめとした量子技術が挙げられる。量子技術は世界的にも将来の経済・社会に大きな変革をもたらす源泉及び革新技術として位置づけられ、我が国としても取り組みを加速している状況にある。特に当該技術は、量子技術における重要な役割を果たす基盤技術の一つであり、例えば、量子技術を支える光子の制御にかかる光学部品・制御用マイクロ波・レーザ等の性能向上を支える微細加工技術や、高純度・高機能な次世代材料の微細加工技術などに必要不可欠な要素である。今後、次世代のコンピューティング技術・センシング技術等が量子技術によって実現されていくことが予想されるが、そのためにはより高精度な当該技術が求められるため、量子技術の発展に向け、川下製造業者等との密な連携による当該技術要素のさらなる高度化に向けた取り組みが期待される。

加えて、こうしたI o T、A I、量子技術といった革新的な技術開発による社会のデジタル化がもたらすメリットを最大化できるよう、サイバーセキュリティの確保も求められる。国際的にも、科学的基礎に基づくセキュリティ対策がより重要性を増すと考えられるところ、そのための研究開発への期待は高い。特に、当該技術の高度化が貢献でき得るセキュリティ基盤技術としては、例えば、I o T社会におけるシステムの信頼の基点となるI o T機器末端におけるセキュリティの確保に用いられる暗号モジュールの一つであるセキュア暗号ユニット（Secure Cryptographic Unit：SCU）のセキュアパッケージング技術に係る微細加工技術等が挙げられる。また、耐量子コンピュータ暗号としての、原理的に安全性が確保される量子暗号通信の実用化に向けた、前段でも述べた光子の制御にかかる光学部品・制御用マイクロ波・レーザ等の性能向上を支える微細加工技術や、高純度・高機能な次世代材料の微細加工技術が挙げられる。こうした

基盤技術の研究開発に関し、アカデミック、川下製造業者等を含めた産官学による密な連携を通じた取り組みが期待される。

(3) 川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える共通の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 高機能化・精密化・軽量化

製品の品質及び安全性の確保、高効率化等に対する川下製造業者等からの要求水準は高まっており、これに対応して機械・機器製品全般の高度化が必要とされている。そのため、機械・機器製品を構成する部材について、より高い加工精度が求められている。

イ. 新たな機能の実現

川下製造業者等の用途に応じた高精度化が求められるが、微細加工によって体内に入っても生体への影響がない等の新たな機能の発現に繋がることも期待される。また、難加工素材に対応する新たな加工技術も求められる。

ウ. 品質の安定性・安全性の向上

機械・機器製品を構成する部材については、加工精度をより高めることが、川下製品の品質の安定性・安全性を確保するために求められている。また、製品の長寿命化に向け、高硬度材、高脆性材料の加工技術も求められるほか、安定供給を維持するための生産設備の予防保全等の技術の高度化も求められる。

エ. 高感性化

高機能性、高信頼性といった従来の価値を超えて、使用者の感性に働きかける製品が認知されてきている。ユーザーニーズの高感性化が進む中、製品の美しいデザイン形状や表面の仕上がり等高い意匠性を付加する技術の向上が求められている。

オ. 環境配慮

機械製品については、部材に再生可能材料が利用される等、リサイクル性等に配慮した設計を行う等、環境負荷の低減が求められている。また、加工工程の中で発生する騒音や振動に加え、熱処理にかかるエネルギー、廃棄物（除去物、切削油、廃液等）等を削減することは、地域社会との共存の観点からも重要な課題である。また、CO₂等の温室効果ガスの排出の抑制は地球規模での大きな課

題であり、加工プロセスの効率化や工程の削減による製品製造時の省エネルギー及び加工に伴う廃棄物の削減等、環境負荷の低減が期待される。特に近年、脱炭素化に向けた動きがグローバルにも活発化していることから、川下分野で採用される各加工部品が製造時に環境配慮が行われているかどうかという点が非常に重要となっており、環境配慮に向けた取り組みがより一層求められている。

カ. 生産性・効率化の向上、低コスト化

加工技術の高度化、自動化を実現することで、工程の削減等が可能となり、製品の低コスト化に貢献することが期待される。また、加工の高効率化や高速化等の実現により生産を効率化し、製品の短納期化を進めることが期待される。

②高度化目標

ア. 当該技術が持つ物理的な諸特性の向上

精密加工において求められる加工精度の向上、生産性の向上、製品の長寿命化、加工工程数の削減や騒音・廃棄物の削減による環境負荷への配慮等は当該技術の高度化における代表的な目標である。

更なる加工技術の高度化のためには、高速域における高い回転精度及び高い運動精度等の各種超高精度化、製品・素材の高剛性化、難加工材への対応が重要な目標である。また、製品の長寿命化に対しても、寿命予測等に向けた技術の高度化が求められる。

また、これら加工技術単体の機能の高度化のみならず、複数の機能を併せ持つ複合化も重要な目標である。

イ. 品質の安定性・安全性の向上

川下製品の品質の安定性・安全性を確保するために高精度の実現が重要であるが、その際の課題となっている、加工時及び仕上げ時の残留応力による変形を抑制する技術の高度化が求められている。

また、製品の高機能化のためには、せん断加工で生じるバリやプレス機器の性能低下につながるかす上がりの抑制技術及び自動処理技術の向上が重要である。

ウ. 環境配慮の取組

加工工程における工作機械・工具・製品の洗浄工程の削減、潤滑剤（油等）の使用量の削減、リサイクルへの配慮、加工機械の消費エネルギーの削減といった、省エネルギーと環境調和性を実現するための技術開発を行う。また、デジタル技術を導入することにより、各工程におけるCO₂を見える化し、求められる加工精度に応

じて加工工程を最適化することで排出CO₂を削減する等といったデジタル技術を積極利用することによる環境配慮に向けた技術開発を行う。

エ. プロセスの革新・IoT、AI等の活用の高度化

CAD、CAM、CAEといった情報技術、シミュレーション技術の活用により、工程設計、加工のトライ、修正期間の短縮化が実現されている。今後、適用範囲の拡大や最適化技術との融合等によりシミュレーション技術を高度化し、更なる解析精度の向上、工程の削減を行う。

オ. 生産性・効率化の向上、低コスト化

国際的に厳しいコスト競争を勝ち抜くために、生産性・効率化の向上（自動化、加工速度の向上、生産合理化システムの確立、金型の精度向上）、不良率の低減（歩留まり向上）、金型や切削工具等の長寿命化等を実現する。

カ. IoT、AI等によるデータ利活用の推進

IoT、AI等のデータ利活用に関する急速な技術革新が進展することによって、精密加工技術に関するあらゆるプロセス等を革新し、新たなサービスが創出される可能性がある。こうした技術・ツールを積極的に活用し、上記ア. からオ. までの掲げる精密加工に係る技術の高度化目標を実現する。

キ. 量子技術を支える技術の高度化

量子コンピューティング等の量子技術を実現する周辺技術の一つとして、精密加工技術は必要不可欠な要素である。例えば、量子コンピューティングにおける量子ビットを実現する仕組みの一つである光子を用いた手法に適用可能な光学部品の微細加工技術や、量子暗号通信を支える量子中継に用い垂れる制御用マイクロ波・レーザ等の性能向上を支える高純度・高機能な次世代材料の微細加工技術、数十GHz帯の高周波の技術やナノオーダーの半導体技術等を生み出す製造装置に求められる精密加工技術等が挙げられ、川下製造業者との密な連携による量子技術実用化に向けた精密加工技術を高度化する。

ク. サイバーセキュリティを支える技術の高度化

今後のデジタル社会を支えるサーバーセキュリティの確保に向けた周辺技術として、当該技術は必要不可欠な要素である。量子通信・暗号の実用化に向けた、上記キにて記載した量子暗号通信実用化に係る微細加工技術が挙げられる。また、IoT社会における信頼

の基点となる I o T 機器末端におけるセキュリティの確保に用いられる暗号モジュールの一つであるセキュア暗号ユニット (Secure Cryptographic Unit : S C U) におけるハードウェアトロージャンの侵入の脅威を防ぐための裏面埋設配線パッケージングに係る微細加工技術等が挙げられる。アカデミック・川下製造業者との密な連携による次世代セキュリティ技術実用化に向けた精密加工技術を高度化する。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 医療・健康・介護分野に関する事項

医療分野では、超高齢社会における医療機器の高度化の必要性から、製品の長寿命化に向けた高硬度材 (高強度セラミックス等) や生体適合性及び生体親和性の高い材料、生体修復機能材料等の新材料開発が進みつつある。また、個々の患者に適合した形状を実現するオーダーメイド対応への必要性も生じてきているため、難削材加工、複雑形状加工、衛生面に配慮した一品加工への対応が求められる。中でも医療器具では感染防止等の観点から、使い捨て製品が普及しており、特に人体に接触するものは安全性、リスク低減の観点から、その利用増加が見込まれる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高衛生・信頼性・安全性の保証
- イ. 生体親和性向上
- ウ. フレキシブル生産
- エ. 寿命向上
- オ. リビジョン対応
- カ. 手術手技の簡素化 (操作性向上)

②高度化目標

- ア. 精密・微細加工技術等の向上
- イ. 衝撃を吸収するために工夫された構造と素材に対応した加工技術の構築
- ウ. 難加工材・新材料加工対応
- エ. 複雑形状加工対応
- オ. I o T、A I 等を活用したフレキシブル生産技術の向上

- カ. 洗浄工程の削減及び潤滑剤使用の低減
- キ. ソフトウェアを利用したカスタムメイド対応
- ク. 多品種少量生産等に対応した低コスト化技術の向上

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

洋上風力・燃料アンモニア・水素・原子力・太陽光といった脱炭素化に向けた発電に用いる機器においては、複雑形状部材や大型部品、新材料を用いた発電の効率化が重要であり、その上で高信頼性かつ経済性の高い製造が求められており当該技術が重要である。例えば洋上風力における発電機や増幅器にて構成させる機構製造や、水素産業におけるセルスタックと呼ばれる水素製造にかかる中核部品等が挙げられる。また、原子力発電及び廃炉のような過酷な環境にて使用することのできる耐久性の高い部品の製造のためにも、当該技術が重要である。その他、風力発電、太陽光発電や電池、LED (Light Emitting Diode)等の環境配慮型機器においても、生産工程の高度化や効率化を図っていくことが求められている。特に二次電池のケ工法や成形システムが求められており当該技術が重要である。

また、こうした脱炭素化に向けた発電に関しては発電設備の製造工程における環境配慮への要求が特に厳しいことから、CO₂排出量等の環境負荷を低減することのできる加工工程が求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高効率化
- イ. 複雑形状化
- ウ. コンパクト化
- エ. 軽量化
- オ. 高リサイクル化
- カ. 高信頼かつ高い経済性
- キ. 耐環境性（超高温・超低温等）
- ク. 低損失（機械的損失、電氣的損失）
- ケ. 低環境負荷

②高度化目標

- ア. 複雑形状部品の加工性向上
- イ. 微細形状の加工技術の向上
- ウ. 薄肉材料の加工技術の確立・高度化
- エ. 難加工材・新材料加工対応

- オ. 大型部品の少量生産技術の向上
- カ. 複合材料の加工技術の向上
- キ. 自然由来材料の活用技術の向上
- ク. 低環境負荷に向けた加工精度・加工工程の最適化
- ケ. 耐熱耐食合金への加工技術の向上
- コ. 低フリクションの加工技術の向上
- サ. 超伝導材への加工技術の向上

3) 航空宇宙分野に関する事項

航空分野においては、航続距離延長や低燃費化等の観点から、機体の軽量化が求められ、構造の一体化、中空化、薄肉化やCFRP（Carbon-Fiber-Reinforced Plastic）等の複合材の導入等が進められている。また、エンジンの燃費向上の流れを受けたタービン部の高温化に伴い、エンジン関連機器・部品では超耐熱鋼合金が用いられる。これらの材料は難加工材であり、機械加工ロスを削減するためネットシェイプ化が急務である。

他方、宇宙分野においては、人工衛星の小型化に伴い部品・コンポーネント搭載のためのスペース確保の観点から、構体形状設計の自由度の高さが求められ、構造の一体化、3Dプリンタ利用等の新手法による構体製造等が進められている。また、今後、ロケット等の需要増加に伴い、コスト競争力強化や、それを実現するための生産性を高める技術開発が求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高機能化（高剛性、高比強度、耐熱性、耐食性等）
- イ. 信頼性向上
- ウ. 軽量化、ネットシェイプ化
- エ. 燃費向上
- オ. 構体形状設計の自由度向上

②高度化目標

- ア. 一体部品・複雑形状部品加工対応
- イ. 薄肉形状・中空形状加工対応
- ウ. 難加工材（耐熱合金、チタン合金等）に対応した加工技術の向上
- エ. 新材料（CFRP等）加工対応
- オ. 新規製造手法への対応

4) その他の川下分野に関する事項

a. 自動車分野に関する事項

各国において自動車に対する燃費規制、排出ガス規制等の環境規制が遂次強化されている中で、自動車産業では、環境対応や徹底したコストダウンが求められている。このため、車体の軽量化、エンジン、バッテリー、モーターその他電子部品の効率の向上等が課題となっている。また、自動車が本来持つ機能上の付加価値の創出や多様化する顧客ニーズにこたえるために、デザイン形状や衝突安全性の高度化、短納期開発・フレキシブルな生産も重要な事項となっている。さらに近年では、自動車部品のリサイクル性及びリユース化への配慮も必要となっている。

また、特に近年、利用時にCO₂を排出しないEVやFCVに向けた取り組みが注目されており、ワイヤレスでの充電や給電等に関する技術開発等、利用者の利便性向上やスマート化に向けた開発に期待されている。そのため、高性能・高信頼な機能を実現するためにも当該技術の活用による高品質な加工技術が求められている。さらに、EVやFCVに加えて、水素燃料を用いた内燃機関実現へのニーズも高まっており、これらの実現にあたっては、例えば、気体水素及び液体水素の供給に向けた当該技術の向上が求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 衝突時の安全性の向上
- イ. 軽量化
- ウ. 複雑形状化・一体加工化
- エ. 燃費向上
- オ. ハイブリッド化、EV化、燃料電池化及びその利便性向上
- カ. 静粛性向上
- キ. 操作性向上
- ク. フレキシブル生産

②高度化目標

- ア. 衝撃を吸収するために工夫された構造と素材に対応した加工技術の構築
- イ. 複雑三次元形状等を創成する加工技術及び一体加工技術の構築
- ウ. 難加工材・新材料加工対応
- エ. IOT、AI等を活用したフレキシブル生産技術の向上
- オ. 複合加工、部品組立及び工程短縮等を可能とする技術の向上
- カ. 材料歩留まりの向上に寄与する技術の高度化
- キ. 利便性向上・スマート化実現に向けた性能向上に係る技術の高度

化

b. スマートホーム分野に関する事項

情報技術の進展やデジタル家電製品の高機能化の進展に伴い、微細化された電子部品等の稼動時の発熱等に対応した新材料等についても加工技術を確立していく必要がある。

スマートフォンやタブレット、ノートパソコン等のデジタル家電については軽量化・薄型化が進む中で高い剛性・耐衝撃性の確保が必要であり、高強度化、軽量化・小型化に適した非鉄金属加工の高度化、応用展開の進展が見込まれる。

また、製品のI o T化が進む中で、生活シーンに密接な関係にある様々な製品がI o T製品に置き換わることが見込まれており、新たな使用場面や環境を想定した加工技術が重要となる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高剛性化
- イ. 複雑形状化
- ウ. 高機能化
- エ. 製品意匠面の高品位化
- オ. 高強度化
- カ. 軽量化
- キ. 静音化・高放熱化

②高度化目標

- ア. 難加工材に対応した加工技術の向上
- イ. 精密・微細加工技術等の向上
- ウ. 複雑三次元形状等を創成する加工技術の向上
- エ. 高い意匠性を付加する加工技術の向上
- オ. 中量・多品種生産に対応した加工技術の実現
- カ. 複合材加工、部品組立及び工程短縮等の実現
- キ. 材料歩留まりの向上に寄与する技術の高度化

c. 生産用機械・ロボット分野に関する事項

工作機械や鍛圧機械、ダイカストマシン等の生産用機械及びロボットは、長年にわたり、曲げ、せん断、ねじりの外力に耐えながら、高い加工精度を多軸化・高速化のニーズに応え、実現し続けることが求められている。また、工業炉等も含め、近年では環境負荷対応の観点から省エネルギー性の向上も同時に求められている。

さらに、高度な知能ソフトウェアやネットワーク技術、分散システム技術、センシング技術等の情報通信技術の活用による機能の更なる高度化と活用範囲の拡大が求められている。今後、需要の増加が見込まれるサービスロボットでは、安全性、信頼性、利便性に係る技術的な水準が従来の産業用ロボットに比べて高いレベルで要求されることから、要素技術の高度化が必要である。こうしたニーズを踏まえ、難加工材や皮膚に類似した新素材に応じた微細加工、複雑形状加工への対応が必要とされている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 安全性の向上
- イ. 複雑形状加工
- ウ. 高耐久性・高信頼性の実現
- エ. フレキシブル生産
- オ. 加工プロセスの高速化
- カ. 環境配慮

②高度化目標

- ア. 精密・微細加工技術等の向上
- イ. I o T、A I 等を活用したフレキシブル生産技術の向上
- ウ. 複合材加工、部品組立及び工程短縮等を可能とする技術の高度化
- エ. 中量・多品種生産に対応した加工技術の実現
- オ. 加工プロセスの省エネ化
- カ. 高速化のための加工条件を導出するためのA I 技術の開発
- キ. 機上測定、A I 補正加工技術の開発

d. 産業機械・農業機械分野に関する事項

各種生産に係る産業機械は、貿易立国である我が国において重要な基盤産業であり、また、農業機械は今後課題となる食糧問題解決のために必要な産業である。これら産業において用いられる部品は当該技術を活用したものも多いため、当該技術への要請は一層高まっていくものとなる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高機能化（加工技術の組み合わせ・複合化）
- イ. 高耐久性の実現

②高度化目標

- ア. 加工技術を組み合わせ・複合化した加工プロセスの高度化

e. 半導体分野に関する事項

半導体は、今後のデジタル社会を支える重要基盤であり、安全保障にも直結する重要な分野である。特に近年、5G/ポスト5G、IoT、AI等のデジタル技術基盤の発展により、これらを活用した自動走行、FA、スマートシティ等のアプリケーションシステム・デジタルユースケースに必要な高機能・高性能及び省エネルギー・低消費電力な先端ロジック半導体・パワー半導体等が求められており、同時にグローバル化に向けたコスト競争力も重要である。こうした要求に対し、例えば半導体の微細化に向けた製造プロセス技術開発や、高集積化を可能とする3Dパッケージ技術開発、高性能化・低消費電力化に向けた新構造・新素材の適用等に関する取り組みが進められている。そのため、当該技術においては、こうした先端半導体の技術開発推進に向け、微細加工技術の高度化が重要である。例えば、小型集積化が進む先端ロジック半導体や、耐環境性に優れたダイヤモンド超低損失パワー半導体、光電融合デバイス等6G実現に向けた次世代半導体に関する微細加工技術が挙げられ、こうした高性能・低環境負荷の半導体を開発していくためにも当該技術が重要である。

また製造時におけるCO₂排出削減等の環境配慮も重要であり、微細加工工程の最適化・機械の環境配慮設計等による取り組みも他分野同様に求められる。

① 川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高性能化
- イ. 省エネルギー化・低環境負荷
- ウ. 信頼性向上
- エ. コスト競争力

② 高度化目標

- ア. 微細加工技術の高度化
- イ. 次世代材料の微細加工技術の高度化
- ウ. 環境配慮に向けた加工工程の最適化

2 精密加工に係る技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

当該技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を5点に集約し、以下に示す。

(1) 技術要素の高度化に対応した技術開発の方向性

- ①高精度化
- ②小型化・高剛性化
- ③工具・金型等の長寿命化
- ④高合金鋼・軽金属・難加工材・新素材への対応
- ⑤薄肉加工
- ⑥中空化
- ⑦中量・多品種生産
- ⑧複合一体化

(2) 高効率化に対応した技術開発の方向性

- ①加工の高速化・自動化
- ②加工工程等の削減
- ③コストの削減
- ④材料歩留まり向上
- ⑤効率化・省人化
- ⑥仕上げ自動化
- ⑦検査の自動化
- ⑧測定方法の革新

(3) 管理技術の高度化に対応した技術開発の方向性

- ①データベースの構築と活用
- ②工場の高度化
- ③技術の複合化
- ④製造における安全・環境の向上
- ⑤製造における品質管理
- ⑥技術・技能のデジタル化
- ⑦シミュレーション技術の高度化

(4) 環境配慮に向けた技術開発の方向性

- ①省エネルギー・省資源化
- ②周辺環境への配慮
- ③リサイクル
- ④潤滑剤使用量等の低減化

(5) I o T、A I 等を活用した技術開発の方向性

- ①センサ技術等を活用した信頼性の高いデータの取得・蓄積
- ②I o T、A I等の活用による設備等の予知保全・遠隔保守、運用最適化、匠の技のデジタル化等を通じた精密加工に係る技術開発プロセスの効率化・生産性向上
- ③I o T、A I等の活用による新たなサービス創出

3 精密加工に係る技術において特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型企业へと進化するためには、川上中小企業者等は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の当該技術の発展に向けて配慮すべき事項

①産学官の連携に関する事項

川下製造業者等、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。特にI o T・A I等の活用においては、例えば、センサや情報処理等、それぞれの専門分野や技術等の強みを活かした企業間の連携が重要であり、当該技術分野を超えて、複数の技術分野を組み合わせさせた研究開発が求められる。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、熟練技術者とのペアリングによる研究管理や、I o T、A I等の活用による熟練技術者の匠の技・ノウハウのデジタル化等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。また、I o T、A I等の新たな技術の活用に求められるデータサイエンティスト等の専門技術者の確保・育成にも取り組んでいくことが必要である。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的にI o T、A I等の活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する標準物質・計量標準等の知的基盤を有効に活用

しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が保有する技術を知的財産として認識し、管理していくことが重要であり、その有効な手段である特許権取得を適切に図る必要がある。他方、特許出願すれば、その内容が公になることや、特許権の効力は出願国にしか及ばないことから、特許出願せずにノウハウとして秘匿する方が好ましい場合もあり、戦略的な対応が求められる。

川下製造業者等は、川上中小企業者等と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、川上中小企業者等が有する知的財産を尊重すべきである。

⑥サイバーセキュリティ対策・プライバシー配慮に関する事項

I o T、A I 等の活用には、その前提となるサイバーセキュリティ対策や取得するデータに関するプライバシーへの配慮等について併せて検討することが重要である。

(2) 今後の当該技術に係る川上中小企業者等の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るためには、環境・エネルギー等のグローバルな社会課題への対応や、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。また、I o T、A I 等のデータ利活用を前提とした製品・サービスについては、グローバルに流通することも見据えて、データに関する海外法制等にも留意した設計・開発を進めるべきである。

②取引慣行に関する事項

川上中小企業者等及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ましい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、デザイン思考（Design Thinking）を用いることで、ユーザーの潜在的な課題や期待に対して、従来の概念に囚われずに、自らの保有技術とビジネス価値を同期させるプロセスを導入し、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの開発、提供を進めていくことが重要である。特にI o T、A I等を活用した研究開発を進めるに当たっては、川下製造事業者や市場の反応を試作品等にフィードバックさせながら、技術・製品の開発を進めていくといったアジャイル型の研究開発の視点を持つことも重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画（BCP）をあらかじめ策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、川上中小企業者等は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。

⑥I o T、A I等によるデータ利活用に関する事項

I o T、A I等の活用により、川上中小企業者等が有する基盤技術の高度化を図ることが期待される一方、重要な技術情報等を狙ったサイバー攻撃は増加傾向にあり、その手口も巧妙化している。データを扱うに当たっては、「I o Tセキュリティガイドライン」等を参考にしつつ、こうしたサイバー攻撃のリスクを認識し、自社に加え、取引先等の関係者も含めたセキュリティ対策を講じることが重要である。また、中小企業者等が、他者と連携してデータを活用・共有するためには、データの利活用促進と適切な保護の観点から、「データの利用権限に関する契約ガイドライン」等を参考にしつつ、データ活用の在り方に関して十分な協議の上で公平かつ適切に取り決めを行い、契約においてデータの利用権限や保護の考え方を明確にしていくことが重要である。

(四) 製造環境に係る技術に関する事項

1 製造環境に係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

当該技術は、製造・流通等の現場の環境（温度、湿度、圧力、清浄度等）を制御・調整するものづくり環境調整技術である。

製造現場においては、生産性向上の取組として、歩留まりの改善、故障率の低減等に寄与する清浄化やコンタミネーションの監視・制御がなされている。また、医療機器、医薬品、食品、自動車、電子デバイス等の分野では、品質向上・安全性確保のために、冷蔵・冷凍・空調機器・真空機器等を用いた温度、湿度、圧力及び清浄度等の維持管理並びに新たな付加価値創出に向けたそれらの積極的な利活用の検討等も行われている。その用途は、製造における生産性・信頼性の向上、製品の汚染防止・鮮度維持だけではなく、温度差・湿度差・圧力差・高い清浄度の積極利用による製品の高度化や、製品や原材料・素材の流通過程における品質管理等の付加価値の創出、製造現場における作業環境の安全性確保、廃棄処理、リサイクル等応用範囲は広い。

具体的な機能として、空間や機器内における温度、湿度、圧力、清浄度の制御、水、水蒸気等の流体の制御・精製・濾過等も重要な機能と言える。

当該技術の川下製造業者等の産業分野としては、非常に広範囲に渡り、特に重要性が高い分野として、医療分野、航空宇宙分野、環境・エネルギー分野、食品分野、デジタル家電分野、自動車分野等が挙げられる。

(2) 当該技術の将来の展望

当該技術に関わる産業を取り巻く社会的、経済的環境は大きく変化しており、対応すべき新たな課題も提起されている。例えば、成長分野である医療分野においては、医薬品・医療機器の研究及び製造の空間での温度管理・空気の清浄化・真空環境等を実現する機器が求められている。また、医療機関においても院内感染を防ぐためのクリーンルームや、医療用品の洗浄に用いる純水等高い清浄度が求められている。

また、航空宇宙分野においては、機内や宇宙ステーションの温度調整や与圧による機内環境の維持・管理、空気や水の清浄度の維持等が重要な要素となる。

環境・エネルギー分野においては設備の省エネルギー化が求められるとともに、冷凍空調設備においては地球温暖化に対する影響の小さい冷

媒への代替が求められている。

その他にも、食品分野では消費者ニーズの高度化に対応していくために、生産から販売に至る温度、湿度、圧力、清浄度、ガス組成等を一貫して制御することが求められている。

他方、I o T、A I等の活用によって、こうした課題を解決し、製造環境に係る技術の高度化やそれに関連した新たなサービスが創出される可能性がある。例えば、温度、湿度、圧力等の様々な外部環境の状況をセンシング、データ化し、当該データに基づきリアルタイムに設備等を自動制御することによって、より迅速かつ最適な製造環境を実現する等、更なる技術の高度化等の可能性を有している。I o T・A I等を活用した新たな技術を求める川下製造事業者等の産業分野も、より一層広がっていく可能性を有しており、こうした新たな技術を活用した積極的な取組が求められる。

このようなI o T等のデータ連携基盤やA Iは経済・産業政策上、競争力の源泉となる重要な技術インフラとなっているが、こうした重要な技術インフラをさらに飛躍的・非連続的に発展させる鍵となる基盤技術として量子コンピューティングをはじめとした量子技術が挙げられる。量子技術は世界的にも将来の経済・社会に大きな変革をもたらす源泉及び革新技術として位置づけられ、我が国としても取り組みを加速している状況にある。特に当該技術は、冷蔵・冷凍・空調機器・真空機器等を用いた温度差、湿度差、圧力差、高い清浄度等の積極利用の観点で、量子技術における重要な役割を果たす基盤技術の一つであり、例えば、量子コンピュータでの演算処理に必要な量子ビット（量子コンピュータで情報を扱う最小単位）の生成・制御に必要な極低温環境・超真空環境を実現できる技術開発等に必要不可欠な要素である。今後、次世代のコンピューティング技術・センシング技術・暗号通信技術等が量子技術によって実現されていくことが予想されるが、そのためにはより高精度・高性能な当該技術が求められるため、量子技術の発展に向け、川下製造業者等との密な連携による当該技術要素のさらなる高度化に向けた取り組みが期待される。

加えて、こうしたI o T、A I、量子技術といった革新的な技術開発による社会のデジタル化がもたらすメリットを最大化できるよう、サイバーセキュリティの確保も求められる。国際的にも、科学的基礎に基づくセキュリティ対策がより重要性を増すと考えられるところ、そのための研究開発への期待は高い。特に、当該技術の高度化が貢献でき得るセキュリティ基盤技術としては、例えば、I o T社会におけるシステムの

信頼の基点となる I o T 機器について、その製造サプライチェーンにおけるハードウェアトロージャンの侵入を検知するための製造ばらつきを少なくする製造環境調整技術などが挙げられる。また、耐量子コンピュータ暗号としての、原理的に安全性が確保される量子暗号通信の実用化に関する高品質な量子センシング機器、次世代レーザ機器を製造するために高精度な当該技術が求められる。こうした基盤技術の研究開発に関し、アカデミック、川下製造業者等を含めた産官学による密な連携を通じた取り組みが期待される。

(3) 川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える共通の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 高機能化

川下製品に求められる精度・純度の向上に伴い、それら製品の製造段階における温度、湿度、圧力等の管理、空気や水の清浄度管理における機能の高度化が求められている。

また、川下製造業者等の用途に応じ、粉塵や微生物だけでなく、ガス成分や静電気等も制御対象とする等、新たな機能を求められる。

さらに、川下製品の品質安定性・安全性確保等のために、適切な環境を安定的に保持する機能が求められている。

イ. 低負荷環境下での製造

環境保全に対する社会的要請の高まりを受け、当該技術を用いた冷凍空調機器等の省エネルギー化・地球温暖化係数の低い冷媒の使用といった環境負荷低減への対応が求められている。特に、冷凍空調設備に使用されている冷媒にはフロン類が多く使用されてきたが、オゾン層を破壊するフロン類冷媒は我が国では一部用途を除いて既に生産・消費が廃止されており、安全性や効率の確保を前提に、自然冷媒の採用や地球温暖化係数の低い冷媒の開発、それらを活用した冷凍空調機器の開発及び実用化が求められている。

また、空気や水の清浄化に伴い収集された粉塵や有害物質への対応、化学物質管理規制への対応も求められている。

さらに、環境維持の際に発生する騒音、振動の低減が求められている。例えば、冷凍空調設備で用いられる圧縮機（コンプレッサ）

の駆動部や細管部からの騒音、振動の低減等が挙げられる。

ウ. 低コストでの製造

当該技術が用いられる設備の多くは停止することなく稼働し続けることが求められるため、エネルギーコストは他の設備に比して大きい。このため、コストダウンにつながるエネルギー効率に優れた当該技術に対するニーズは高い。

エ. 効率的な生産

川下製造業者等では、技術革新が進み、多様な用途の製品が開発され、小型化、軽量化、省エネルギー化等の多機能化が進んでいる。また、従来では使用されていなかった素材が川下製造業者等で導入されるケースも増えており、新素材や新しい製造プロセスにおいても、生産性の向上が求められている。

②高度化目標

ア. 当該技術が持つ諸特性、諸機能の向上

温度、湿度、圧力、清浄度制御技術の向上は、当該技術の高機能化における代表的な目標である。

また、これら単体の技術の高機能化のみならず、複数の機能を併せ持つ複合化も重要な目標である。

加えて、製造工程においては粉塵のみならず静電気等の環境制御も求められる。さらに、電磁波遮蔽性を始め従来の環境制御では考慮されていなかった要素の制御技術を実現し、新たな用途の開発も重要な目標である。

当該技術の品質向上については、高精度化、高清浄化に加え、川下製造業者等の製品品質保持のため、制御性能保持期間の長寿命化を実現する。

イ. 環境負荷低減

高精度な温度、湿度、圧力、清浄度の測定と制御、省エネルギーに係る技術開発や製造プロセス全般の管理の徹底等が求められる。また、新規冷凍空調設備については、安全性や効率の確保を前提に、可能な限り地球温暖化係数の低い冷媒を使用し、現行設備については、冷媒漏洩の防止・冷媒回収向上等の地球温暖化防止対策等の措置が必要である。真空装置についても同様に、環境負荷の少ないガスの使用及び排ガス処理装置等の除害装置の高度化を実現する。

ウ. コスト削減

熱交換器や圧縮機、断熱材料、フィルタ等の改善により、省エネルギーの効率化を実現する。

川下製造業者等の開発期間の短縮化、製造期間の短縮化といったニーズに対応するため、設計や開発に最先端の I o T、A I 等の技術が用いられ、加熱・冷却シミュレーション技術、加圧・減圧シミュレーション技術等の向上がある。各種シミュレーション技術における予測精度の向上により、開発期間の短縮が図れるとともに、最適な設計、製造が可能となり、大きなコスト低減を実現する。

エ. 製造装置の最適化

素材や製造プロセスに応じた製造環境機能を製造装置に付与する。

オ. I o T、A I 等によるデータ利活用の推進

I o T、A I の技術開発及びデータ利活用に関する急速な技術革新が進展することによって、製造環境技術に関するあらゆるプロセス等を革新し、新たなサービスが創出される可能性がある。こうした技術を積極的に活用し、上記ア. からエ. までに掲げる製造環境に係る技術の高度化目標を実現する。例えば、I o Tを活用して、各製造プロセスにおける温度・圧力・清浄度・その他製造に影響する外的要素を収集し、見える化することによるデータ起点での環境制御を推進し、各工場における環境制御を平準化する。さらにそうしたデータ起点の環境制御ノウハウをA I に学習させ、自動化することで、製造環境の調整を効率化するという活用が挙げられる。

カ. 量子技術を支える技術の高度化

量子コンピューティング等の量子技術を実現する周辺技術の一つとして、冷蔵・冷凍・空調機器・真空機器等を用いた温度差、湿度差、圧力差、高い清浄度等の積極利用の観点で製造環境技術は必要不可欠な要素である。例えば、量子コンピュータにおける量子ビット生成・維持のための極低温環境や超真空状態を維持する技術などが挙げられ、川下製造業者との密な連携による量子技術実用化に向けた製造環境の積極利用に関する技術を高度化する。

キ. サイバーセキュリティを支える技術の高度化

今後のデジタル社会を支えるサーバーセキュリティの確保に向けた周辺技術として、当該技術は必要不可欠な要素である。例えば、I o T機器等の製造サプライチェーンにおけるハードウェアトロージャン混入の脅威に対応するために、電気特性・物理特性等の挙動

の検査等により脅威の存在を検知するが、製造品質にばらつきがあると、検知の精度が落ちるといった問題があるため、製造品質のばらつきを抑える当該技術が重要となる。アカデミック・川下製造業者との密な連携による次世代セキュリティ技術実用化に向けた製造環境技術を高度化する。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 医療・健康・介護分野に関する事項

医療分野においては、医療機器・医薬品の研究・製造段階において温度管理・空気の清浄化・真空環境等を実現する機器が求められている。また、医療機関においても院内感染を防ぐためのクリーンルームや医療用品の洗浄に用いる純水等高い清浄度が求められている。また、医療用センサ製造装置や医療器具の滅菌・殺菌装置及び医薬品の生産に用いられる凍結乾燥装置及び生体親和性や生体適合性を制御する医療材料の製造にも厳密な温湿度管理やクリーンルームが必要となっている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 医療安全性の確保
- イ. 現場における環境改善

②高度化目標

- ア. 高精度な温度、湿度、圧力の制御
- イ. 空気・水等の流体清浄度の向上

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

環境・エネルギー分野においては、当該技術を用いた冷凍空調機器等の省エネルギー化・地球温暖化係数の低い冷媒の使用といった環境負荷低減への対応が求められている。特に冷凍空調設備に使用されている冷媒に関しては、安全性や効率の確保を前提に可能な限り地球温暖化係数の低い冷媒を使用する他、現行設備の冷媒漏洩の防止・冷媒回収向上等の地球温暖化防止対策等の措置が必要である。真空装置についても同様に、環境負荷の少ないガスの使用及び排ガス処理装置等の除害装置の高度化による環境負荷の低減が求められる。また、人体に影響を及ぼす可能性がある大気汚染物質等の管理や新興国における水インフラ整備のニーズの高まりによる水処理技術における清浄度の高度化への関心は極め

て高いと思われる。

また、近年、カーボンニュートラルへの取り組みが重点的に進められており、洋上風力・燃料アンモニア・水素・原子力・太陽光といった脱炭素に向けたエネルギーの発電設備においては、発電設備およびその製造工程に求められる環境負荷低減への要求も非常に厳しいことから、当該技術が非常に重要である。例えば、火力発電設備におけるCO₂排出削減のための燃料アンモニア実用化に向けた既存設備の裕度（規定値と試験結果の差異における許容できる範囲）の検討に利用する環境調整技術や、太陽光パネルの製造品質を確保するための高度に清浄化され塵のない製造環境構築のための制御技術等が挙げられる。また、発電設備の温度・圧力・洗浄度等の設備状況を見える化し、これまで属人的であった発電効率向上に向けた高度な制御を自動で行うことのできる環境調整システム等への関心も極めて高い。

その他にも、次世代の低消費電力デバイス、太陽光パネル、省エネルギーの照明としてLED及び有機EL（Electro-Luminescence）、電池向けの材料開発が盛んであり、いずれのデバイスにおいても安定な性能を長期間に渡って維持するにあたり、製造装置における当該技術が必要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 地球温暖化係数の低い冷媒の使用
- イ. 環境負荷の少ないガスの使用
- ウ. 長期安定性デバイスの実現
- エ. 製造設備の加工精度向上
- オ. 省エネルギーの実現
- カ. 環境制御による製造不良率の低減
- キ. 高度環境制御の効率化

②高度化目標

- ア. 環境負荷の低減
- イ. エネルギー効率の向上
- ウ. デバイスを長期安定させる環境の確立
- エ. 製品加工精度向上のための温度・圧力制御
- オ. 製品加工精度向上のための光・電気・微小異物制御
- カ. 環境制御のAIによる自動化

3) 航空宇宙分野に関する事項

航空宇宙産業では、電気通信機器、各種表示機器、機体材料等、真空

状態を利用して作られた部品が多く用いられている。航空機やロケット・人工衛星等は、極限の環境下で使用され、かつ精密な機能を維持することが求められるため、部素材の製造において当該技術が必要とされている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 極限環境に対応した部素材製造技術の実現

②高度化目標

ア. 極限環境対応部素材を実現するための環境の確立

4) その他の川下分野に関する事項

a. 食品分野に関する事項

食品分野については、安心・安全や旨みの増加等に関する消費者ニーズの高度化への対応、海外への輸出促進に向けて、品質の均一化、高品質化のための技術開発が必要である。特に、濃縮（凍結濃縮、真空濃縮等）や発酵、熟成、成分抽出、粉碎処理といった加工により旨み、香り、機能性等の付加や流通段階におけるフードロスの低減も求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 最適な流通手法の確立

イ. 最適な保存方法の確立

ウ. 高品質・高付加価値の付与

②高度化目標

ア. 生産から販売に至る当該技術の向上

b. 半導体・デジタル家電分野に関する事項

デジタル家電分野について、次世代の通信機器等に求められる半導体及び電子部品のための超クリーン成膜、小型軽量化、低消費電力化が求められている。特に半導体に関しては、近年、半導体製造プロセスの微細化技術開発や、高集積化を可能とする3Dパッケージ技術開発、高性能化・低消費電力化に向けた新構造・新素材の適用等に関する取り組みが進められている。また、温室効果ガス削減や、電力消費量削減といった、環境負荷の小さい方法での半導体デバイス製造への要求も高まっており、こうした半導体製造を支えるためにも、温度、湿度、圧力、気流分布、微細な異物粒子等の環境制御技術の高度化が重要である。さらに、消費者のニーズの多様化や市場の変化に伴い、製品ライフサイクルが非常に短くなっており、半導体及び電子部品製造においては、大量生

産と同等の製造コストでの多品種少量生産への対応が必要であり、各生産ロットに適切な製造環境を整備するために、当該技術が重要である。そのため、設備の温度・圧力・洗浄度等の設備状況を見える化し、これまで属人的であった高度な制御を自動で行うことのできる環境調整システム等への関心も極めて高い。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 超クリーン成膜の実現
- イ. 小型軽量化
- ウ. 低消費電力化
- エ. 多品種少量生産
- オ. 半導体及び電子部品の製造装置の環境負荷低減

②高度化目標

- ア. 高真空技術の確立
- イ. ガス供給系技術の向上
- ウ. 大容量排気システムの高度化
- エ. 環境制御のIoT、AIによる自動化

c. 自動車分野に関する事項

自動車には、安全・信頼性・高機能のための様々なエレクトロニクス技術が応用されており、その中でも世界規模で注目を浴びているEVやFCV等のエコカーは、パワー半導体、強力磁石、二次電池等、高機能電子部品を多数必要とする。また、自動車用樹脂加工部品、ガラス部品、エンジン関連部品等についても、高い品質や信頼性が求められる。特に、エコカーに用いられるリチウムイオン電池や水素燃料電池等の電池の製造に関しては、製造工程における温室効果ガス削減等の環境負荷低減が求められており、例えば、異物混入等の外部環境の影響による電池製造の不良率を低減し製造の不良率を低減する等といった効率的な製造を行うためにも、当該技術が重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高品質・高信頼性デバイスの実現
- イ. 環境制御による製造不良率の低減

②高度化目標

- ア. 高品質・高信頼性デバイスを実現するための環境の確立
- イ. 製品加工精度向上のための温度・圧力・微小異物制御

2 製造環境に係る技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発

等の実施方法

当該技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を4点に集約し、以下に示す。

(1) 当該技術が持つ諸特性の向上に対応した技術開発の方向性

- ①温度維持・管理の高度化
- ②圧力維持・管理の高度化
- ③流体清浄度維持・管理の高度化
- ④静電気・電磁波等の発生抑制技術の高度化

(2) 省エネルギー・低環境負荷に対応した技術開発の方向性

- ①冷媒使用量の削減・地球温暖化係数が低い冷媒の活用
- ②冷媒漏洩の防止
- ③冷媒漏洩の検知
- ④環境に配慮した冷媒の回収率の向上
- ⑤エネルギー効率の向上
- ⑥安全性の向上
- ⑦低騒音化
- ⑧特殊ガスの利用・高性能な排ガス処理装置による環境負荷の低減

(3) 生産性・コスト・効率化に対応した技術開発の方向性

- ①温度・圧力・清浄度制御技術の向上
- ②環境制御装置の長寿命化
- ③環境制御装置の小型化
- ④メンテナンスコストの低減
- ⑤均質な製品製造及び歩留まりの向上
- ⑥製造装置の最適化

(4) I o T、A I 等を活用した技術開発の方向性

- ①センサ技術等を活用した信頼性の高いデータの取得・蓄積
- ②I o T、A I 等の活用による設備等の予知保全・遠隔保守、運用最適化、匠の技のデジタル化等を通じた製造環境に係る技術開発の効率化・生産性向上
- ③I o T、A I 等の活用による新たなサービス創出

3 製造環境に係る技術において特定研究開発等を実施するに当たって配慮

すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型企业へと進化するためには、川上中小企業者等は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の当該技術の発展に向けて配慮すべき事項

①産学官の連携に関する事項

川下製造業者等、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。特にI o T・A I等の活用においては、例えば、センサや情報処理等、それぞれの専門分野や技術等の強みを活かした企業間の連携が重要であり、当該技術分野を超えて、複数の技術分野を組み合わせた研究開発が求められる。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、熟練技術者とのペアリングによる研究管理や、I o T、A I等の活用による熟練技術者の匠の技・ノウハウのデジタル化等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。また、I o T、A I等の新たな技術の活用に求められるデータサイエンティスト等の専門技術者の確保・育成にも取り組んでいくことが必要である。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的にI o T、A I等の活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する国際標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が保有する技術を知的財産として認識し、管理していくことが重要であり、その有効な手段である特許権取得を適切に図る必要がある。他方、特許出願すれば、その内容が公になることや、特許権の効力は出

願国にしか及ばないことから、特許出願せずにノウハウとして秘匿する方が好ましい場合もあり、戦略的な対応が求められる。

川下製造業者等は、川上中小企業者等と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、川上中小企業者等が有する知的財産を尊重すべきである。

⑥サイバーセキュリティ対策・プライバシー配慮に関する事項

I o T、A I等の活用には、その前提となるサイバーセキュリティ対策や取得するデータに関するプライバシーへの配慮等について併せて検討することが重要である。

(2) 今後の当該技術に係る川上中小企業者等の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るためには、環境・エネルギー等のグローバルな社会課題への対応や、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。また、I o T、A I等のデータ利活用を前提とした製品・サービスについては、グローバルに流通することも見据えて、データに関する海外法制等にも留意した設計・開発を進めるべきである。

②取引慣行に関する事項

川上中小企業者等及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ましい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、デザイン思考 (Design Thinking) を用いることで、ユーザーの潜在的な課題や期待に対して、従来の概念に囚われずに、自らの保有技術とビジネス価値を同期させるプロセスを導入し、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの開発、提供を進めていくことが重要である。特にI o T、A I等を活用した研究開発を進めるに当たっては、川下製造事業者や市場の反

応を試作品等にフィードバックさせながら、技術・製品の開発を進めていくといったアジャイル型の研究開発の視点を持つことも重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画（BCP）をあらかじめ策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、川上中小企業者等は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。

⑥I o T、A I等によるデータ利活用に関する事項

I o T、A I等の活用により、川上中小企業者等が有する基盤技術の高度化を図ることが期待される一方、重要な技術情報等を狙ったサイバー攻撃は増加傾向にあり、その手口も巧妙化している。データを扱うに当たっては、「I o Tセキュリティガイドライン」等を参考にしつつ、こうしたサイバー攻撃のリスクを認識し、自社に加え、取引先等の関係者も含めたセキュリティ対策を講じることが重要である。また、中小企業者等が、他者と連携してデータを活用・共有するためには、データの利活用促進と適切な保護の観点から、「データの利用権限に関する契約ガイドライン」等を参考にしつつ、データ活用の在り方に関して十分な協議の上で公平かつ適切に取り決めを行い、契約においてデータの利用権限や保護の考え方を明確にしていくことが重要である。

(五) 接合・実装に係る技術に関する事項

1 接合・実装に係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

当該技術は、相変化、化学変化、塑性・弾性変形等により多様な素材・部品を接合・実装することで、力学特性、電気特性、光学特性、熱伝達特性、耐環境特性等の機能を顕現する接合・実装技術である。単に固定するだけでなく可動機能を含んだ接合技術も含まれ、電子部品・デバイスから超厚板大型構造物の広範囲な製造に幅広く利用されている。

川下製造業者等からは、接合部の高強度化、信頼性の向上や軽量化、接合・実装の位置精度の向上等が求められており、接合部の機能の高付加価値化、信頼性の付与等に応える研究開発や研究課題にも取り組んでいる。

さらに近年は、技術革新に伴い、新素材を利用した最終製品も数多く製造されているため、当該技術もこうした変化に対応し続けている。最終製品の使用環境も、これまで以上に多様化しており、劣悪な極限環境でも強靱かつ安定な機能を維持することが求められている。一方、コスト競争も厳しくなっており、接合・実装作業における生産性の向上は勿論のこと、製品の製造、修理、再利用、廃棄までを考えたライフサイクルコストやこれらの過程でのエネルギー使用の最小化も課題となっている。

当該技術の川下製造業者等の産業分野としては、半導体デバイスや電子部品、電子機器、自動車や鉄道車両・船舶、産業用機械、建築や橋梁・プラント等の建造物、航空宇宙、ロボット、医療、エネルギー等の広い範囲に亘っており、これら産業において欠かせない重要な技術である。

(2) 当該技術の将来の展望

物理的接合において要求が高まっている技術として、新たな難接合素材を接合させる技術、接合部品の高強度化・小型化・軽量化技術、安全性・信頼性を向上させる技術等が挙げられる。また、優れた機能を有する材料及び異なる機能を有する素材を確実に接合し、機能を長寿命化させる高い信頼性を有する部品の開発、接合技術の開発が望まれている。

化学的接合技術においても今後、接合部の品質に対し一層高い信頼性が要求されるとともに、作業効率の向上、自動化の促進、作業環境の改善が進められる。具体的には、医療や航空宇宙並びに自動車・鉄道車両・電気・電子機器に加えて住宅・建築物・構造物等広範な適用分野にお

いて、新素材・異種材料接合に対するニーズが高度化・複雑化しており、接着信頼性の確保はもちろんのこと、低温速硬化と耐久性、電気絶縁性と高熱伝導性、耐熱性・難燃性・高靱性と易加工性、高接着強度・耐久性と易解体性等の相反機能を両立する接着剤の開発・高度化が求められている。さらに、固相接合では、摩擦熱で接合材を高温に加熱するとともに軟化した両金属を混合させる開発が注目され、主に鉄道車両や自動車等に用いられるアルミニウム構造材への導入が進んでいる。さらに、接着剤と溶接の併用等複合技術による接合を利用し、金属材料、有機材料、無機材料を複合化した部材創製の研究開発にも期待が寄せられている。

半導体デバイスや電子部品等の搭載部品をはんだ等を用いて電子回路基板と電氣的相互接続を図る実装技術は、電子機器の多様化に伴い、寸法精度や電気特性、強度、信頼性等の要求が高まり、三次元実装や複合実装の一層の進化が望まれている。また、近年はウェアラブルな電子機器の進歩が著しく、健康・医療機器と合わせて、人にやさしいエルゴノミクスの観点からの開発も望まれている。

今後、当該技術を使用する環境は多様化、極限化しつつあるため、設計と一体となった最適化技術として位置付け、川下製造業者等とそれを支える川上中小企業者等及び大学等との共同研究の中で開発を進めていく必要がある。

他方、I o T、A I等の活用によって、こうした課題を解決し、接合・実装に係る技術の高度化やそれに関連した新たなサービスが創出される可能性がある。例えば、センサデータとA Iによる解析、自動制御等による迅速かつ精細な接合の実現や新たな接合手法の開発等、更なる技術の高度化等の可能性を有している。I o T・A I等を活用した新たな技術を求める川下製造事業者等の産業分野も、より一層広がっていく可能性を有しており、こうした新たな技術を活用した積極的な取組が求められる。

このようなI o T等のデータ連携基盤やA Iは経済・産業政策上、競争力の源泉となる重要な技術インフラとなっているが、こうした重要な技術インフラをさらに飛躍的・非連続的に発展させる鍵となる基盤技術として量子コンピューティングをはじめとした量子技術が挙げられる。量子技術は世界的にも将来の経済・社会に大きな変革をもたらす源泉及び革新技術として位置づけられ、我が国としても取り組みを加速している状況にある。特に当該技術は、量子技術における重要な役割を果たす基盤技術の一つであり、例えば、量子コンピュータを実現するための集

積回路・周辺部品の接合実装技術や、量子センシング技術の高性能化・高信頼化にかかる実装技術等に必要不可欠な要素である。今後、次世代のコンピューティング技術・センシング技術等が量子技術によって実現されていくことが予想されるが、そのためにはより高精度・高性能な当該技術が求められるため、量子技術の発展に向け、川下製造業者等との密な連携による当該技術要素のさらなる高度化に向けた取り組みが期待される。

加えて、こうした I o T、A I、量子技術といった革新的な技術開発による社会のデジタル化がもたらすメリットを最大化できるよう、サイバーセキュリティの確保も求められる。国際的にも、科学的基礎に基づくセキュリティ対策がより重要性を増すと考えられるところ、そのための研究開発への期待は高い。特に、当該技術の高度化が貢献でき得るセキュリティ基盤技術としては、例えば、I o T社会におけるシステムの信頼の基点となる I o T機器末端におけるセキュリティの確保に用いられる暗号モジュールの一つであるセキュア暗号ユニット（Secure Cryptographic Unit：S C U）のセキュアパッケージングや集積回路に係る実装技術が挙げられる。また、耐量子コンピュータ暗号としての、原理的に安全性が確保される量子暗号通信の実用化に向けた光集積回路の高度化に資する実装技術等も挙げられる。こうした基盤技術の研究開発に関し、アカデミック、川下製造業者等を含めた産官学による密な連携を通じた取り組みが期待される。

（３）川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える共通の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア．高強度・高機能化

耐久性の向上及び軽量化、コスト削減と調和する部材の高強度・高機能化は、様々な川下製造業者等で課題・ニーズとして顕在化している。

イ．軽量化

様々な機械製品は一様に軽量化が進む傾向にある。大量の部品が使用されている輸送機械等では、接合用部品にも強度を維持した上での軽量化が求められている。

ウ．難接合素材の部材接合

様々な機械製品において、軽量化や高機能化、高感性化等を目的にセラミックスや炭素繊維等の新部素材が多く用いられるようになってきている。こうした新部素材や異種の部素材同士の接合は難しい場合が多く、このための技術の高度化が求められている。

エ. 製品の信頼性

接合部の緩み・不良は構造物・電子装置の深刻な事故の原因となることが少なくない。日本製品に対する高い信頼性を今後も維持していくためには、製品の接合部の強度設計と緩み機構、さらにその防止設計の技術を高めるとともに、接合部の品質とメンテナンス性の向上に努めることが重要である。また、接合用部品の品質を高めるだけでなく、部品製造工程のトレーサビリティ向上に関するニーズも高まっている。

オ. 環境負荷の低減

製造業に課せられる環境への責任は年々強まりを見せている。このため省エネルギー、低環境負荷、リサイクルに配慮した設計を行う等、環境負荷の低減は重要な課題となっている。特に、分解可能な方法である物理的接合の場合は、製品、部品及び部材のリサイクルへの一層の貢献が求められている。

カ. 生産性の向上

新興国のメーカーはコスト競争力に優れ世界的に市場を拡大している。労働コストが高い我が国製造業が競争力を維持し続けていくためには、限られた労働力で高い付加価値を生み出していく仕組みを構築することが不可欠である。接合用部品は機械製品に多用されており、接合工程における設備の効率化、省エネルギー化、省スペース化は、製品製造の生産性向上に大きくつながるものである。

キ. 低コスト化

新興国等との競争が激化しており、品質・機能だけでなく、更なる低コスト化が求められている。さらに今後は、使用済製品の廃棄ばかりでなく生産プロセスでの副産物の廃棄、製造設備更改等の際のコストにも考慮すべき状況にある。

②高度化目標

ア. 高強度化・軽量化

機械製品の軽量化に資する接合用部品及び技術の開発が不可欠である。また、部品点数の削減による軽量化、低コスト化等へ貢献する高強度な接合用部品の開発を実現する。

イ. 部素材の接合技術の高度化

部素材の確実な接合は緩みを原因とする製品の事故防止にとって重要であり、製品の信頼性向上に資するため、接合技術の高度化を一層進めていくことが不可欠である。特に機械製品の高機能化、小型化、軽量化等の進展により、構造物を構成する部材には新機能を保持し、かつ接合が難しい新素材や異種材料等が多用されており、難接合材の接合技術の向上を実現するとともに、高接着強度・耐久性と易解体性等の相反機能を両立する接着剤等の高度なニーズにも対応した接合技術を実現する。

ウ. 小型高密度集積化の技術の向上

機械・電子部品装置においては、特に、三次元実装や部品内蔵の形態で小型・高密度集積化に対応した組立・生産技術の向上を実現する。

エ. 環境負荷物質を用いない接合用部品の実現

従来の接合用部品の表面処理には有害な六価クロムやカドミウム等が使用されていたが、こうした環境負荷物質を使用せずに耐食性、装飾性に優れた部品の開発が不可欠となっている。また、形状加工、熱処理、表面処理等の工程で多くのエネルギーを消費するため、省エネルギー技術の開発を進めていくことも重要である。さらに、接着剤においては、環境負荷物質不使用に加えて、化学物質規制に対応した、より低VOC (Volatile Organic Compounds) の材料開発を行う。

オ. 製品のリサイクル性の向上に資する接合用部品の実現

機械や構造物の解体にとっても物理的接合用部品による接合は有用であり、資源のリサイクルを一層進めていくために、高い信頼性を維持しつつ解体も容易な接合用部品、接着剤の開発が重要となっている。

カ. 作業効率性の向上

生産工程を改善することによって接合用部品の軽量化、品質の向上、高強度化等を実現するとともに、変種変量生産や短納期生産及び川下製造業者等の多様なニーズへ対応する。

キ. 接合部診断技術・検査技術の向上

接合部の欠陥診断技術、検査技術を向上させ、構造物の信頼性や品質の更なる向上が重要である。さらに、非破壊検査技術の専門的知識の少ない事業者を考慮した、簡便な非破壊検査技術及び非破壊検査設備の研究開発を行う。

ク. システム設計技術の向上

使用の履歴を追跡する情報処理に資する部品及び技術の開発に加え、接合用部品の生産状況のトレーサビリティを担保する納入システムの開発を行うことが重要である。

また、機械的構造、機械的及び電磁的性能、電磁ノイズ、温度制御等に関する個々の設計・シミュレーション技術の高度化は必須であり、さらにこれらを総合的にみて要求条件を満たす統合設計の開発を行う。

ケ. 低コスト化

機械・電子部品装置のデザイン性・高機能・高付加価値性を維持しつつ、大量生産及び多品種少量生産に適した低コスト化を実現する。

コ. I o T、A I 等によるデータ利活用の推進

I o T、A I 等のデータ利活用に関する急速な技術革新が進展することによって、接合・実装技術に関するあらゆるプロセス等を革新し、新たなサービスが創出される可能性がある。こうした技術を積極的に活用し、上記ア. からケ. までに掲げる接合・実装に係る技術の高度化目標を実現する。

サ. 量子技術を支える技術の高度化

量子コンピューティング等の量子技術を実現する周辺技術の一つとして、接合実装技術は必要不可欠な要素である。例えば、超伝導量子ビットを実現するための極低温環境で動作するケーブル・コネクタ・マイクロ波部品の小型集積化に係る実装技術、量子センシング技術を実現するための、半導体レーザ等の高性能化・高信頼化にかかる実装技術、量子暗号通信技術の高性能化に向けた光集積回路の実装技術、低損失な光ネットワーク技術の実現に係る実装技術等が挙げられ、川下製造業者との密な連携による量子技術実用化に向けた接合実装技術を高度化する。

シ. サイバーセキュリティを支える技術の高度化

今後のデジタル社会を支えるサーバーセキュリティの確保に向けた周辺技術として、当該技術は必要不可欠な要素である。例えば、量子通信・暗号の実用化に向けた、上記サにて記載した実装技術が挙げられる。また、I o T 社会における信頼の基点となる I o T 機器末端におけるセキュリティの確保に用いられる暗号モジュールの一つであるセキュア暗号ユニット (Secure Cryptographic Unit : SCU) におけるハードウェアトロージャンの侵入の脅威を防ぐため

の裏面埋設配線パッケージングや集積回路にかかる実装技術等が挙げられ、アカデミック・川下製造業者との密な連携による次世代セキュリティ技術実用化に向けた接合実装技術を高度化する。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 医療・健康・介護分野に関する事項

医療機器の X 線関連装置、核磁気共鳴画像診断装置 (MRI (Magnetic Resonance Imaging))、内視鏡等では、生命を左右する環境下での使用が主体となることから、極めて高い安全性・動作の確実性及びフェイルセーフに対応した機器の構成が求められる。これらの接合・実装部品材料には優れた耐食性、高強度、さらに人体に直接接触れることから細菌感染及びこれを防ぐための消毒・洗浄等に耐える素材を使った生体に適合する構造及びパーツ交換に適した構成も必要である。

医療・ヘルスケア関連機器・装置では最近の健康志向の影響を受け、新規開発が急速に進んでおり、生体親和性に優れたセンシングデバイスにより人体の細胞レベルから微弱な生体情報を感知して、確実に素早く分析・処理することが課題となっている。

また、遠隔医療では、医療機器と情報通信装置とをネットワーク構成して、大量の医療データの高速通信が課題となっており、さらにはこのネットワークに医療ロボットを組み合わせることも始められている。血圧計、体組成計を始めとするヘルスケア機器においては、小型・軽量・低コスト等が課題となっている。また、これらの機器で測定された健康情報を主治医が情報ネットワークを通して収集・蓄積・統計処理を行い、患者の健康を遠隔管理する技術の実用化が進んでいる。

さらに、医療分野に使われる接着剤には、大別して生体外表面用と生体内部用がある。生体外表面用として代表的なものに絆創膏があるが、近年、薬剤を経皮により徐々に吸収させて持続性のある治療を行うために、薬剤と透過膜を組み合わせた粘着テープが開発されている。生体内部用としては、例えば、血液の止血作用を利用して、血液からフィブリンを取り出し、安全な生体組織接着剤とする等の軟組織用や、歯科に用いられる硬質用がある。いずれも医療用として高い安全性と信頼性が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 安全性、信頼性（動作の確実性、信頼設計）
- イ. 細菌感染の防止、消毒・洗浄の容易性
- ウ. 生体親和性・生体内分解性・生体情報の高速処理
- エ. インプラント等における患者の負担軽減
- オ. 接着性、耐久性、速硬化性
- カ. 遠隔医療構成の容易性
- キ. 臨床データの収集及び医療器具の許認可の促進

②高度化目標

- ア. 防水及び耐薬品処理に適した接合・実装の実現
- イ. 滅菌処理対応・生体親和性・生体内分解性等に優れた材料の利用
- ウ. フレキシブルな基板や不定形な部品への回路形成や電子部品実装の実現
- エ. 超小型モジュール実装・医療用MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)の確立
- オ. 医療機器のネットワーク化・遠隔医療のシステム化の実現
- カ. 接着性、耐久性の向上、速硬化性の実現
- キ. 人体への安全性・効果の実証

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

環境調和型エネルギーである再生可能エネルギー等に対する関心の高まりから、環境・エネルギー関連の分野においても実装技術の重要性が認識されている。

インバータやコンバータにおいては、変換効率の向上、大電力処理化、冷却のための負荷軽減、突入電流対策等が課題である。

太陽電池システムについても発電効率化、大電力化が求められ、発電セルの高密度実装及び低抵抗配線による接続、屋外環境での塵埃付着の抑制による発電効率の維持、厳しい環境下での長寿命化が要求されている。

また、原子力発電における溶接式管継手等の接合部については、その性質上、通常の製品よりも更に高い安全性が要求される。そのため、当該技術においては、エネルギー効率向上、安全性向上、信頼向上の観点や、同時に高い経済性を実現するという観点から、接合方法の最適化や新たな接合部材の開発等が求められている。

従来の火力発電等と自然エネルギー発電（太陽電池、風力・地熱）を協調させて電力供給をするスマートグリッド（次世代送電網）においては、発電及び蓄電状況を適切に把握し、需要見込みも想定した効率的な

つ安定な電力供給をするため、情報通信技術を用いた大電力制御が求められる。さらに送電については、損失低減の観点から高電圧使用が求められており、制御装置を低電圧を使用する場合とは異なる当該技術が必要となる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 大電流に対応した低損失化対策、突入電流対策、冷却対策
- イ. 太陽電池の発電効率化、大電力化、長寿命化、耐久性向上
- ウ. 洋上風力の発電効率化、大型化、長寿命化、耐久性向上
- エ. スマートグリッド等の電力協調

②高度化目標

- ア. 大電流に対応した低損失給電、突入電流回路構成及び冷却構造を含むパワーモジュール実装の実現
- イ. 太陽電池システムの高効率化のための高密度実装、低抵抗配線の確立・高度化
- ウ. 太陽電池システムの発電セルのリペア構造、塵埃・耐候性対策構造の実現
- エ. 洋上風力発電のタワー・基礎接合技術の高度化
- オ. スマートグリッド等の制御装置の高電圧部と低電圧部の分離構成並びに電力情報ネットワークに関する実装の高度化

3) 航空宇宙分野に関する事項

航空機産業においては、環境配慮や運行コスト削減に対するニーズが高まっており、航空機の燃費向上は重要な課題となっている。また、航空機は過酷環境での使用となる。そのため、機体や電子装置を構成する材料・部品の当該技術には軽量化、高強度化、耐候性等が求められる。ロケット、人工衛星等の宇宙機器ではさらに一段と環境条件が厳しく、耐熱性、耐真空性、耐放射線性等の要求条件も加わる。

これらの機体の構造を実現するために、接着接合が多く用いられており、構造用接着剤は、固定翼、胴体パネル、床、扉、隔壁等の接着接合に、シーリング材は、燃料タンクや与圧室の機密性の保持、燃料漏れの防止、防錆を目的として利用されている。

航空宇宙分野の電子機器の実装については、軽量かつ高密度な実装は勿論のこと、航空機機内の環境及び宇宙環境でも安定で高い信頼性をもたらす技術が要求される。航空機の機器は人命に直接関係することから、極めて高い信頼性と安全性が求められている。人工衛星の機器は、宇宙環境が故に、放熱対策と半導体素子等を太陽光、放射線から守る実

装技術が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 機体の高強度性・耐衝撃性
- イ. 機内、燃料タンク内の圧力を一定に保つ堅牢な密閉性
- ウ. 機体・電子機器の軽量性
- エ. 広い温度範囲での耐環境性
- オ. 放射線を含む宇宙環境での接合部・電子機器の長寿命・耐久性

②高度化目標

- ア. 軽量新素材の高強度接合技術
- イ. 宇宙環境における耐久性
- ウ. 耐放射線性に優れた半導体素子パッケージング技術
- エ. 耐放射線性・温度変化への耐久性
- オ. 宇宙環境における電子装置の安定動作のための温度制御
- カ. 劣悪環境化での高信頼性・長寿命化

4) その他の川下分野に関する事項

a. 自動車等輸送機械分野に関する事項

自動車、鉄道車両、船舶等の輸送機械については、安全性能向上・快適性向上、省エネルギー・耐環境性・地球環境対策、軽量化が求められている。特に自動車分野については、部材毎に使用環境に適合した素材の選択が始まっており、このため相互に接触する部材間の異材接合が注目されてきている。また、人命に直接関係することから高強度部材使用等の極めて高い信頼性が求められる。さらに、輸送機械に搭載する電子機器は非常に厳しい環境において安定確実に動作することが求められている。

一方で、近年のグローバル競争下で我が国の自動車産業が生き残るために、より低コストで高品質を実現するための生産工程の実現が求められている。船舶分野ではI o T、A Iを活用した接合技術の開発が行われており、生産性の向上、製造工程の簡略化のニーズからI o T、A Iを活用した自動溶接手法の確立等が求められている。

さらに快適な運転環境を提供するため、I T S (Intelligent Transport Systems)、車間通信、衝突防止システムにおいても電子実装技術が広く活用されており、多機能、高速処理とともに劣悪環境下での安定な動作が課題である。

電気自動車等の電動機の電力供給や制御については、劣悪環境下での安定な動作に加え、大電流供給、高発熱対策等、パワーデバイスに適し

た構造が要求される。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 劣悪環境化での高信頼性
- イ. 衝突防止システム等の安全性及びメンテナンス技術
- ウ. I T S、車間通信等の快適な運転環境
- エ. 大電流供給、高発熱対策等パワーデバイスに適した構造
- オ. 高強度、超高強度部材における接合時の遅れ破壊の防止
- カ. 燃費向上及び省資源化のための軽量化
- キ. I o T、A I を活用した接合・実装工程の自動化

②高度化目標

- ア. 部品内蔵化基板等耐振動性に優れた実装技術の実現
- イ. 高放熱金属樹脂複合基、高耐熱基板材料を用いた配線板、部品類技術の確立
- ウ. 低温対応の配線板、部品類技術の高度化
- エ. 電動機用パワーエレクトロニクス実装技術の高度化
- オ. ショット雑音環境下での電磁環境適合（E M C（Electro-Magnetic Compatibility））技術の高度化
- カ. センサ機器・認識制御デバイス・アクチュエータ間ネットワークの実装構成技術の高度化
- キ. 遅れ破壊が発生しない高強度な接合用部品の実現
- ク. 補修技術向上のための化学的接合技術の開発と接合条件の最適化
- ケ. 耐環境性、接着性、耐久性、はく離強度、せん断強度の向上
- コ. I o T、A I を活用したコスト効率の高い溶接技術の確立

b. 住宅・建築物・構造物分野等に関する事項

住宅・建築物等については、建築材料や建築工法の進歩に伴い、接着剤の利用が近年急速に増加し、下地工事、床仕上げ、壁天井仕上げ等様々な箇所で利用されている。これに呼応し、低V O Cに配慮した接着剤の開発等、接着剤から放出される化学物質の低減の取組等も併せて進められている。

また、構造物等においては、コンクリート床版や橋脚への鋼板、カーボンシート（C F R P等）による補強のための注入接着や含浸接着等の用途に接着剤が欠かせないものとなっている。

さらに、大型構造物は風雨や直射日光、塩分等に長期間晒される厳しい環境の下で長期間使用されることから、防錆や耐食性が強く求められている他、老朽化対策へのニーズも大きい。橋梁の基礎等では巨大な力

がかかり、しかも高度な耐震性が求められることから、接合用部品には高い強度が求められる。

また、I o T、A I 等を活用した住まいのスマート化に向け、それらを構成する I o T に対応した情報家電や住宅・建築物・構造物に設置する小型 I o T デバイスに関しては、高性能化・小型化・ワイヤレス化・設置の容易性の向上等による多機能付加に関する需要が増加しており、そうした要求に応えるためにも当該技術が重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 環境負荷低減、耐環境性
- イ. 高機能化、多機能化、長寿命化
- ウ. 免震性、耐震性、制震性
- エ. 防錆性、耐食性

②高度化目標

- ア. 低VOC性、リサイクル性の向上
- イ. 接着性、耐久性の向上
- ウ. 可動部の接合性の向上
- エ. 耐震性に優れた締結用部品及び技術の開発
- オ. 高耐食性をもつ接合用部品の開発
- カ. ホームエレクトロニクスと住宅建材との融合技術
- キ. セキュリティシステムと住宅構造との融合技術
- ク. 住まいのスマート化に向けた I o T 機器高度化に関する電子機器実装技術の向上

c. 情報通信機器分野に関する事項

厳しい国際競争に勝ち残っていくために、海外製品では達成できない高信頼・長寿命な付加価値の高い製品を製造することに重点を置きつつも、多品種少量製品の製造に迅速かつ柔軟に対応できる技術が求められている。接合・実装部分をモジュール単位で組み合わせ、カスタム化することで製品のコスト削減とメンテナンスの向上を図っており、全体最適化によって性能とコストのバランスを取ることが大きな潮流となっている。このように既存の水平統合的な取組みに加え、モジュール化等の垂直統合的な仕掛けを効果的に組み合わせたものを新しい当該技術として構築し、戦略的に活用することで製品の競争力を高めることができると考えられる。

大型情報通信機器では、並列処理化の傾向が一段と強く、一台の処理能力を高めるほかに多くの機器相互間を効率良く高速で接続することに

よる大容量高速情報処理化への要求が大きい。一方、デジタル家電においては、個々の使い易さ、多機能化の要求のほかに、デジタル家電同士のセキュリティ機器等を相互接続してシステム化を容易に可能とする技術が求められている。

また、情報通信機器は筐体の軽量化、薄型化も進展しており、接合用部品はこうした部材に対応した特殊な形状が求められることが多い。また、プリント基板の実装には非常に小さい部品が用いられるが、機器の小型化に対応するため一層の小型化、高精度化が求められるようになっている。さらに、磁気記録部分の固定には非磁性材料の接合用部品が用いられるほか、機器によっては容易に開け閉めが出来ないように特殊な駆動形体を持つ部品が用いられることがある。

大型情報通信機器とデジタル家電に共通している課題・ニーズとしては、高機能化、多機能化による製品の高付加価値化が挙げられる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高機能化・多機能化・大容量高速情報処理化
- イ. 情報通信機器間インタラクティブの高度化
- ウ. 機器ネットワーク構成の容易化・高度化
- エ. 薄板厚部材の安定した接合
- オ. 微小部品の接合

②高度化目標

- ア. 高速大容量情報通信機器実装技術の向上
- イ. 接着性、耐久性の向上
- ウ. 電気絶縁性、熱伝導性等電気特性の向上と高純度の実現
- エ. 特殊形状接合用部品及び極微小接合用部品の実現
- オ. 利便性、汎用性及び耐久性の高いはんだ付けの開発並びに適用
- カ. 端末機器間相互接続のための無線接続、赤外線接続に適した実装技術の確立

d. ロボット・産業機械分野に関する事項

ロボットは主として産業用ロボットとサービスロボットに大別される。産業用ロボットでは工場の製造現場において周辺に多くの製造機器が存在する環境で使用されるため電磁ノイズに強いことが求められている。また、生産性向上のための高速性及び長期安定な動作が要求される。さらにパーツ交換等によりフレキシブルに多品種少量生産に対応できる構成が求められている。

一方、家庭用及び看護用等のサービスロボットでは、人間の生活、生

命に深く関わるため、高い安全性、信頼性、長寿命が重要な課題である。また、様々なセンシングデバイスから得られる多量の情報を高速で処理及び判断し、自律的かつスムーズに複雑な動作を行うことが要求される。さらに人体との接触や人間との会話等のインタラティブな作業に対しては、エルゴノミクス等を考慮した構成が求められる。

最近では大規模災害時等、人の立入が難しい環境で作業するロボットの開発が進んでおり、極限環境下での安定な動作の保証へのニーズも高まっている。

また、産業機械では、構成品を接合するために様々な部品が用いられる。特に工作機械においては、加工工程の高精度化や高効率化、省力化等の厳しい要求仕様に対応する、高性能化、耐熱性、高強度化が求められている。また、建機等の産業機械においては、外力がかかる部分の高強度化とダウンサイジングの両立に必要な接合部の剛性の向上、厳しい使用環境にも対応する耐熱性、耐寒性が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 作業動作の適用範囲の拡大
- イ. 細菌感染の防止、消毒・洗浄の容易性
- ウ. 生体親和性及び適合性に優れたセンシングと生体情報の高速処理
- エ. 遠隔医療構成の容易化
- オ. 人間工学等を考慮したデザイン設計
- カ. 極限環境でも安定した動作が可能な構成
- キ. 遅れ破壊の心配のない高強度化
- ク. 耐熱性、耐寒性の高い接合用部品及び技術の開発

②高度化目標

- ア. 部素材交換が容易なモジュール構造の実現
- イ. 滅菌処理対応・生体親和性に優れた材料での構成の実現
- ウ. プリントブル実装技術等によるフレキシブルな基板へ不定形な部品への回路形成や電子部品実装の実現
- エ. 胃カメラカプセル等に適用可能な超小型モジュール・医療MEMSの実現
- オ. 医療機器のネットワーク化・遠隔医療のシステム化の実現
- カ. 極限環境に耐えられる筐体・電子機器構造の実現
- キ. 可動構造体の軽量・柔軟性に富む新素材による接合用部品の実現
- ク. 軽量・高強度な可動構造体の実現

e. 半導体分野に関する事項

半導体は、今後のデジタル社会を支える重要基盤であり、安全保障にも直結する重要な分野である。特に近年、5G/ポスト5G、IoT、AI等のデジタル技術基盤の発展により、これらを活用した自動走行、FA、スマートシティ等のアプリケーションシステム・デジタルユースケースに必要な高機能・高性能及び省エネルギー・低消費電力な先端ロジック半導体・パワー半導体等が求められており、同時にグローバル化に向けたコスト競争力も重要である。こうした要求に対し、例えば半導体の微細化に向けた製造プロセス技術開発や、高集積化を可能とする3Dパッケージ技術開発、高性能化・低消費電力化に向けた新構造・新素材の適用等に関する取り組みが進められている。そのため、当該技術においては、こうした先端半導体の技術開発推進に向け、マイクロ接合技術や三次元接合技術等の高度化が重要である。また、次世代の半導体デバイスとして、FHE（フレキシブルハイブリッドエレクトロニクス）を代表とする有機デバイスにも注目が集まっており、軽量・小型・高機能・フレキシブルでありかつ低コスト生産・多品種少量生産・省エネルギー・省資源での生産が可能とされている。そのため小規模事業者でも容易に技術を導入できることから、FHEを代表とする有機デバイスは、あらゆる三次元曲面への搭載が可能なセンサ・無線通信機器への応用等、今後のIoT社会の発展に寄与する基盤技術として期待されている。こうした次世代半導体デバイスの普及に向け、当該技術の高度化が重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高性能化
- イ. 省エネルギー化・低環境負荷
- ウ. 信頼性向上
- エ. 利便性向上
- オ. コスト競争力

②高度化目標

- ア. マイクロ接合技術の高度化
- イ. 三次元実装技術の高度化
- ウ. 光デバイスとの融合に係る実装技術の高度化
- エ. フレキシブルデバイスに係る接合・実装技術の高度化

2 接合・実装に係る技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

当該技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技

術開発の方向性を6点に集約し、以下に示す。

(1) 技術要素の高度化に対応した技術開発の方向性

- ①接合部品の高強度化
- ②新素材部品による接合
- ③安定した軸力を導入する潤滑剤
- ④非鉄金属部材、異種金属部材、樹脂構造部材等の物理的・化学的接合

(2) 接合機能の向上に対応した技術開発の方向性

- ①組立及び施工の作業効率性向上
- ②緩み防止
- ③接合用部品の情報化
- ④耐食性、耐候性、耐油性等の耐久性、接着性の向上
- ⑤樹脂部材締結・接合
- ⑥特殊形状接合部品及び材料等による機能性向上

(3) 環境配慮に対応した技術開発の方向性

- ①有害化学物質の不使用
- ②製品のリサイクル性向上
- ③物理的・化学的接合部品及び材料の製造過程における省エネルギー化

(4) 管理技術に対応した技術開発の方向性

- ①部品製造工程の低コスト化
- ②接合用部品及び材料の品質管理
- ③耐経年変化への対応
- ④高温部、厚板、複雑形状部等の検査
- ⑤作業保護のための安全確保
- ⑥ロボットによる高精度化、高速化、操作性向上
- ⑦基本データベース構築・確立、シミュレーション技術との連携条件・施工方法データベースの共通化

(5) 高密度先端実装技術に対応した技術開発の方向性

- ①実装設計、シミュレーションへの対応（熱、応力、電気統合設計）
- ②三次元実装を考慮した電子システム集積化
- ③部品内蔵基板実装への対応
- ④光・電気混載実装のための対応

- ⑤生体親和、環境対応技術に対する高性能化
- ⑥モジュール化、微細接続、パワーエレクトロニクス等に対する高密実装

(6) I o T、A I 等を活用した技術開発の方向性

- ①センサ技術等を活用した信頼性の高いデータの取得・蓄積
- ②I o T、A I 等の活用による設備等の予知保全・遠隔保守、運用最適化、匠の技のデジタル化等を通じた接合・実装に係る技術開発の効率化・生産性向上
- ③I o T、A I 等の活用による新たなサービス創出

3 接合・実装に係る技術において特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型企业へと進化するためには、川上中小企業者等は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の当該技術の発展に向けて配慮すべき事項

①産学官の連携に関する事項

川下製造業者等、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。特にI o T・A I 等の活用においては、例えば、センサや情報処理等、それぞれの専門分野や技術等の強みを活かした企業間の連携が重要であり、当該技術分野を超えて、複数の技術分野を組み合わせた研究開発が求められる。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、熟練技術者とのペアリングによる研究管理や、I o T、A I 等の活用による熟練技術者の匠の技・ノウハウのデジタル化等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。また、I o T、A I 等の新たな技術の活用に求められるデータサイエンティスト等の専門技術者の確保・育成にも取り組んでいくことが必要である。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースと

いったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的にI o T、A I等の活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する標準物質・計量標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が保有する技術を知的財産として認識し、管理していくことが重要であり、その有効な手段である特許権取得を適切に図る必要がある。他方、特許出願すれば、その内容が公になることや、特許権の効力は出願国にしか及ばないことから、特許出願せずにノウハウとして秘匿する方が好ましい場合もあり、戦略的な対応が求められる。

川下製造業者等は、川上中小企業者等と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、川上中小企業者等が有する知的財産を尊重すべきである。

⑥サイバーセキュリティ対策・プライバシー配慮に関する事項

I o T、A I等の活用には、その前提となるサイバーセキュリティ対策や取得するデータに関するプライバシーへの配慮等について併せて検討することが重要である。

(2) 今後の当該技術に係る川上中小企業者等の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るためには、環境・エネルギー等のグローバルな社会課題への対応や、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。また、I o T、A I等のデータ利活用を前提とした製品・サービスについては、グローバルに流通することも見据えて、データに関する海外法制等にも留意した設計・開発を進めるべきである。

②取引慣行に関する事項

川上中小企業者等及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ま

しい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、デザイン思考（Design Thinking）を用いることで、ユーザーの潜在的な課題や期待に対して、従来の概念に囚われずに、自らの保有技術とビジネス価値を同期させるプロセスを導入し、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの開発、提供を進めていくことが重要である。特にI o T、A I等を活用した研究開発を進めるに当たっては、川下製造事業者や市場の反応を試作品等にフィードバックさせながら、技術・製品の開発を進めていくといったアジャイル型の研究開発の視点を持つことも重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画（BCP）をあらかじめ策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、川上中小企業者等は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。

⑥I o T、A I等によるデータ利活用に関する事項

I o T、A I等の活用により、川上中小企業者等が有する基盤技術の高度化を図ることが期待される一方、重要な技術情報等を狙ったサイバー攻撃は増加傾向にあり、その手口も巧妙化している。データを扱うに当たっては、「I o Tセキュリティガイドライン」等を参考にしつつ、こうしたサイバー攻撃のリスクを認識し、自社に加え、取引先等の関係者も含めたセキュリティ対策を講じることが重要である。また、中小企業者等が、他者と連携してデータを活用・共有するためには、データの利活用促進と適切な保護の観点から、「データの利用権限に関する契約ガイドライン」等を参考にしつつ、データ活用の在り方に関して十分な協議の上で公平かつ適切に取り決めを行い、契約においてデータの利用権限や保護の考え方を明確にしていくことが重要である。

(六) 立体造形に係る技術に関する事項

1 立体造形に係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

当該技術は、自由度が高い任意の立体形状を造形する立体造形技術である。(ただし、(三)精密加工に係る技術に含まれるものを除く。)

当該技術では、金属、セラミックス、プラスチック、ガラス、ゴム等様々な材料を所用の強度や性質、経済性等を担保しつつ、例えば高いエネルギー効率を実現するための複雑な翼形状や歯車形状等を高精度に作り出したり、高度化する医療機器等の用途に応じた任意の形状を高精度に作り出したりする技術全般を指す。材料により、射出成形、押出成形、圧縮成形、プレス成形等の造形方法がある。また、鋳型空間に熔融金属を流し込み凝固させることで形状を得る融体加工技術や、金属粉末やセラミックス粉末の集合体を融点よりも低い温度で加熱し固化させることで目的物を得る粉体加工技術、三次元データを用いて任意の形状を金型等の専用工具を使わずに直接製造できる積層造形技術等も当該技術に含まれる。

当該技術の川下製造業者等の産業分野としては、環境・エネルギー、医療機器をはじめ、航空宇宙、自動車、電子機器等幅広く、成長分野を切り拓くためにも必要不可欠な技術である。

(2) 当該技術の将来の展望

当該技術では、種々の要求性能を高レベルにバランスさせつつ、任意の形状に加工することを目指しているため、造形機械の高度化のみならず、高性能金型の開発や寿命の予測、高性能材料等の最適材料の開発や工学的挙動の解析等さまざまな研究課題がある。また、製造途中での騒音・振動の低減、リサイクルや省エネルギー・省資源への対応といった環境配慮や、短納期化や低コスト化に対応する製造工程の効率化等への要望も大きい。

さらに積層造形技術を用いた当該技術については、プラスチックのみならず、金属やセラミックスへの応用も可能となってきたことから、試作品等の製造への活用について期待が高まっており、米国をはじめ各国がその研究開発にリソースを集中している。そのような中、今なお精度や製造速度、加工材料の制限等多くの技術的課題を抱えており、これらの解決が求められている。また、こうした最先端技術と既に高いレベルにある既存基盤技術との融合による新たな製造技法の開発等への期待も大きい。

また、I o T、A I等の活用によって、上記の課題を解決し、立体造形に係る技術の高度化やそれに関連した新たなサービスが創出される可能性がある。例えば、センサデータとA Iによる解析等によって造形機械の精緻な制御や、稼働データ等の活用による金型の寿命予測、製品の品質向上や一品一様のトレーサビリティの実現等、更なる技術の高度化等の可能性を有している。I o T・A I等を活用した新たな技術を求める川下製造事業者等の産業分野も、より一層広がっていく可能性を有しており、こうした新たな技術を活用した積極的な取組が求められる。

(3) 川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える共通の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 高機能化

機械製品の高機能化や部材の一体成形化が進むにつれて、構成する部材については高機能化及び高性能化がさらに要求され、高強度化、軽量化、複雑形状化、多機能化の実現に向けた製造技術の開発が期待されている。

イ. 品質保証

製品構成部材に対する品質保証を確実に遂行するための検査技術の開発等が求められている。

ウ. 長寿命化

機械製品の高機能化、小型化・軽量化等が進展することにより、製品を構成する部材に対する負荷が高まっている。このような中、製品に対する高い信頼性を今後も維持するためには、過酷な環境下でも安定した機能を発揮し続けるよう、部材の強化が求められる。特に、材料関連の技術の強化により、耐摩耗性、耐圧性、耐熱性、耐食性、耐候性、疲労寿命等、様々な特性を向上させ長寿命化の実現が求められている。

エ. 環境配慮

環境に対する取組が重要性を増している中、有害物質の削減・代替・除去・無害化や製造プロセスの省エネルギー化といった環境負荷の低減、リサイクル、触媒等環境保全材料の開発、廃棄物の有効活用等への対応が求められている。

また、CO₂等の温室効果ガスの排出の抑制は地球規模での大きな課題であり、加工プロセスの効率化や工程の削減による製品製造時の省エ

エネルギー及び加工に伴う廃棄物の削減等、環境負荷の低減が期待される。特に近年、脱炭素化に向けた動きがグローバルにも活発化していることから、川下分野で採用される各加工部品が製造時に環境配慮が行われているかどうかという点が非常に重要となっており、環境配慮に向けた取り組みがより一層求められている。

オ. 生産性、効率化の向上、低コスト化

I o T、A I 等の技術を積極的に設計・開発や工程管理に活用する等、短納期化に向けたプロセスイノベーションを進めていくことが求められている。また、製品に対する低コスト化ニーズは常に存在することから、低コスト化を実現するために、製品の製造技術や製造プロセスの高度化等に対応することが求められている。

カ. 多品種少量生産

ユーザーニーズの多様化に伴い、部材の発注は多品種少量生産を前提としたものが増加してきている。また、航空機産業や医療機器産業等の成長産業では、製品の特性上、多品種少量生産への対応が不可欠となっている。

②高度化目標

ア. 当該技術が持つ物理的な諸特性の向上

新材料技術、複合化技術の開発、高機能を支える評価技術の確立により、製品の高機能化を実現する。また、振動減衰、低熱膨張、剛性、靱性、耐摩耗性等の従来材の機能を向上させ高付加価値化を図る材料関連の技術や表面処理技術の高度化、薄肉化・軽量化・一体成形化を図る技術及びこれに伴う複雑形状化や高精度化にかかる技術等の向上を実現する。

イ. 品質の保証及び向上に資する技術の確立

製造工程で用いる金型等の設計技術・シミュレーション技術、部材の検査技術、完全自動化による品質コスト削減を図る。また、成形不良を生じないための成形加工プロセスの解析、改善策立案のためのC A E利用の推進も必要である。さらに、品質保証を行うためにも個々の製品にトレーサビリティを導入した管理手法を確立する。

ウ. 長寿命化に資する技術の向上

耐摩耗性、耐圧性、耐熱性、耐食性、耐候性、疲労寿命の向上等に向けた材料関連の技術開発を行う。

エ. 環境配慮の取組

廃熱の再利用、変換効率の高い熱伝変換材料等について開発を進

め、工程における使用エネルギー低減の実現を図る。また、マテリアルリサイクル技術、自然由来のプラスチック、生分解性ポリマーの導入に関する技術開発、添加される染料や可塑剤、難燃剤等における安全な新添加材料の開発等の材料開発技術や環境に有害物質を放出しない加工システム技術、エネルギー消費の低減を可能とする成形方法、燃料としての最終利用に適した組成・構造の開発等を行う。また、デジタル技術を導入することにより、各工程におけるCO₂を見える化し、求められる加工精度に応じて加工工程を最適化することで排出CO₂を削減する等といったデジタル技術を積極利用することによる環境配慮に向けた技術開発を行う。

オ. 短納期化等を実現するための技術の高度化

高速造形技術や、シミュレーション等の知能化・情報化技術による設計・製造プロセスの最適化、また三次元CAD/CAMデータからのAM (Additive Manufacturing) 技術の高度化等により、短納期化、多品種少量生産、新機能製品を実現する。

カ. グローバル競争に対応する技術の向上によるコスト低減

新興国の低価格供給品に価格対抗を可能とする、成形から二次加工、検品、梱包までの自動化技術の開発、特に、新興国依存度が高い製品群の成形を含む自動加工技術の開発、金型内での組立加工技術の開発等より簡易で低コストの製造技術や製造プロセスを実現する。

キ. 美的価値の追求

ユーザーの感性に働きかけることが製品の付加価値として重要性を増しており、機能美の追求によって新たな用途を生み出す。

ク. I o T、A I 等によるデータ利活用の推進

I o T、A I 等のデータ利活用に関する急速な技術革新が進展することによって、立体造形技術に関するあらゆるプロセス等を革新し、新たなサービスが創出される可能性がある。こうした技術を積極的に活用し、上記ア. からキ. までに掲げる立体造形に係る技術の高度化目標を実現する。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 医療・健康・介護分野に関する事項

患者のQOL (Quality of Life) を高めるため、再生医療等の高度先

進医療による低侵襲かつ質の高い医療技術の開発が強く求められている。また、超高齢社会を迎える我が国において、QOLを保ちながら療養できる在宅医療や遠隔治療の需要は今後ますます高まっていくと考えられる。特に、情報通信技術を活用した遠隔治療は、高齢者や農村部に住む人々の医療を支援する有望な手段として期待されており、遠隔治療も含めた在宅医療関連サービスの確立が求められている。このような状況において、医療機器に用いられる製品は、医療事故防止、感染防止等の目的で高い安全性、清浄度が要求されている。加えて、一層の高精細化、高機能化が求められている。なお、医療機器の場合は、大型の清浄化設備が必要な上に原材料も厳しい品質を要求される一方、数量が少ないため、素材メーカーの協力が不可欠である点も高度化目標を達成する上での重要な課題となっている。

また、個々の患者のニーズの細分化や製造効率向上の観点から、三次元積層技術を活用した医療機器開発技術にも注目が集まっている。当該技術はカスタムメイドの医療機器開発、トレーニング用模擬臓器の開発等多岐にわたる用途での活用が期待されており、これまで複数工程で実施されてきた製造工程を単工程で実施することから、より精度の高い成形技術が求められることとなる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 安全性、清浄度の向上
- イ. 高精細化
- ウ. 高機能化
- エ. 高信頼性
- オ. 製造効率向上

②高度化目標

- ア. 高衛生管理
- イ. 高分子素材等の素材開発
- ウ. 微細加工技術等の向上
- エ. 耐食性、強度、生体適合性の高い部材の製造技術の開発
- オ. 生物機能を模倣する超微細構造の再現
- カ. ポリマーアロイ化技術の確立
- キ. 三次元積層技術による製造技術の開発

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

環境・エネルギー分野では、高い強度及び硬度を有し、軽量かつ極低温から超高温の様々な極限状況に耐える部品が多用されており、今後

も、世界的なエネルギー需要増加への対応、エネルギー効率の向上、劣悪環境下での耐久性等が要求される。また、新興国においては、水インフラ整備のニーズが大きく、高分子分離膜エレメントやそれらを用いた水浄化モジュールの部材について、低環境負荷性、高いエネルギー効率といった機能の低コストによる実用化が重要な課題となっている。

次世代太陽光発電については、市場拡大に向けて発電効率向上のニーズが高まっている。当該技術においては、効率性を高める発電機の大型化のための金型開発技術が求められる。

代替エネルギーとして着目される水素については、産業としての普及にあたって利用する材料や機器の耐久性向上が課題となる。水素社会実現にあたっては、利用可能な材料や機器を増やすために、強度の高い水素機器を造形する技術が求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 環境負荷低減
- イ. 効率化
- ウ. 耐久性

②高度化目標

- ア. リサイクル性の向上
- イ. 機械的強度の向上
- ウ. 流体力学を考慮したシステム設計の最適化
- エ. 耐久性の向上
- オ. 高性能膜の実現
- カ. 生産性の向上

3) 航空宇宙分野に関する事項

航空宇宙分野では、高い強度及び硬度を有し、軽量かつ極低温から超高温の様々な極限状況に耐える部品が航空機の機体やエンジンに多用されている。また、宇宙空間の過酷な温度環境、放射線環境に耐えうる部品が人工衛星・ロケットに求められている。軽量化及び安全性の確保等の観点から、部材の一体成形のニーズが高まっている。

航空機については、省エネ化のニーズから、機体やエンジンに用いる素材について、省エネルギーでかつ経済性の高い成形プロセス確立の需要が高まっている。また、複雑形状の実現や工程短縮化の観点から、三次元積層技術を活用した部品製造にも注目が集まっている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 部材の軽量化及び信頼性の確保

- イ. 高精細化
- ウ. 高効率化
- エ. 耐環境性
- オ. 耐久性
- カ. 経済性の高い成形プロセス
- キ. 三次元積層技術による製造技術の開発

②高度化目標

- ア. 部材の一体化に資する材料及び技術の高度化
- イ. 極限環境耐久性に対応する材料・製造技術の開発
- ウ. 成形のみによる表面の異素材感の表現
- エ. 複合材のリサイクル技術や成形シミュレーションの高度化
- オ. 材料、設計、加工のノウハウデータベースの構築
- カ. 成形機とシミュレーションの融合

4) その他の川下分野に関する事項

a. 自動車等輸送機械分野に関する事項

自動車産業では環境問題、安全問題に対応するために、車体の軽量化が求められており、部品の素材や形状等について見直しが進められている。また、燃焼効率向上に伴う排気ガスの高温化に対応した部材、騒音及び振動の低減につながる部材の開発が求められている。特に高温化に対応した部材については、放熱性に優れ耐久性を備えたパワー半導体の生産が必要となる。

さらに、自動車生産のグローバル化の進展に伴い、グローバル調達可能な部材と原材料、地域環境への配慮のニーズが高まっている。

輸送機械における主要な立体造形技術である鋳造技術に関しては、環境配慮を重視したCO₂排出量を削減することのできる鋳造プロセス技術の開発が必要となる。また、輸送機器の自動化、電動化が進展する中で立体造形の技術が利用される部品については、より軽量で機能性と耐久性を有した部品の造形技術が求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 安全性・快適性
- イ. 高付加価値化
- ウ. 軽量化
- エ. 新素材への対応
- オ. 新動力の導入
- カ. 短納期化

- キ. 環境に配慮した鋳造技術
- ク. 耐久性の向上、高寿命化

②高度化目標

- ア. 衝突安全に寄与する部品の実用化
- イ. 材料複合化技術に資する技術の向上
- ウ. 精密成形加工、金型内組立加工の向上
- エ. 電波透過性、気密構造、放熱構造技術の向上
- オ. 導電性・熱伝導性・耐溶剤性の付与
- カ. 高磁気特性の向上
- キ. 新素材・新プロセスに対応した鋳造技術の向上

b. スマートホーム分野に関する事項

デジタル家電製品では、スマートフォンやタブレット、ノートパソコン、デジタルカメラ、カーナビゲーションシステム等、軽量性・頑強性・高意匠性へのニーズが高まっている。デジタル家電に用いられる部品の多くはダイカスト等により生産されており、新興国等での汎用性製品の大量生産により、価格が大幅に低下している。特にスマートフォンやタブレット、ノートパソコン、デジタルカメラ等のヒンジ部品、ボタン部品等の構造材には金属部品の使用量が近年伸びている。また、コンデンサ等の電子部品には多くのファインセラミックスが用いられている。今後、国際競争力強化のため、生産性の向上に加えて更なる高付加価値化が求められている。

また、製品のI o T化が進む中で、スマートロックに代表されるように、生活シーンに密接な関係にある様々な製品がI o T製品に置き換わることが見込まれている。新たな使用場面や環境の想定、小ロット生産に対する部品の供給等も検討が必要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 精密化・微細化
- イ. 高付加価値化
- ウ. 短納期開発・フレキシブル生産・安全性
- エ. コンデンサ等電子部品性能の高度化

②高度化目標

- ア. 精密・微細加工技術等の向上
- イ. 製品設計に対応した金型の設計・加工・シミュレーションの向上
- ウ. 後処理工程短縮等の向上
- エ. フレキシブル生産に対応した成形技術の開発

オ. 誘電特性の向上

c. 工作機械・ロボット分野に関する事項

工作機械は、長年にわたり、曲げ、せん断、ねじりの外力に耐えながら、高い精度を実現し続けることが求められてきた。したがって、その構造体には、優れた剛性、振動減衰性及び耐摩耗性や、温度、湿度による寸法・形状変化の少なさが要求される。

こうした中、工作機械は、高速、重切削を実現するハイエンドモデルの生産が中心となりつつあり、表面焼入れ等の熱処理を必要とする難易度の高い製品に対するニーズが高まっているほか、構造も複雑化しており、高い生産性やコストダウン等への対応が期待される。

また、ロボット及び自動化機器においては、医療福祉介護分野を始めとする様々な分野における活用を視野に入れた多機能ロボットの開発が急務とされており、国内においても様々なロボットの開発が進んでいる。これらの製品には関節、駆動部品に用いられる場合が多く、軽量化、安全性の確保は不可欠である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高機能化
- イ. 耐久性

②高度化目標

- ア. 表面焼入れ等の熱処理を必要とする高難易度製品の生産
- イ. 極限環境耐久性に対応する製造技術の開発

d. 電池分野に関する事項

電気自動車やスマートフォン、タブレット等の普及に伴い、二次電池の大容量化、高出力化、小型化、軽量化、高寿命化等の高性能化が強く求められている。例えば、プラスチック製品は二次電池のケースといった外部容器に限らず、モジュールケースやセルケース等の内部部品としても使用されており、二次電池の高性能化を実現する上で成形加工部材への要求は今後も高くなると考えられる。

また、家庭用燃料電池についてはコスト効率向上のニーズが高まっており、耐久性と熱伝導性を維持しつつ安価で大量生産が可能な新規成型技術の確立が求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 大容量化
- イ. 高出力化

- ウ. 小型・軽量化
- エ. 高寿命化
- オ. 安全化
- カ. 耐熱化（高耐熱樹脂の使用）
- キ. 生産性向上

②高度化目標

- ア. 安全性
- イ. モジュールケース構造・セルケース構造の高度化
- ウ. 電極等を含めたパッケージの最適化
- エ. 電池の軽量・小型化に対応する薄肉成形技術の向上
- オ. 多品種少量に対応した膜生産技術の向上
- カ. 絶縁性向上、導電性制御の高度化
- キ. 複数素材によるハイブリッド設計・加工・組立の実現
- ク. 電池モジュール設計、加工に付随するシミュレーションの高度化
- ケ. 大量生産が可能な新規金型技術の確立

e. 光学機器分野に関する事項

当該技術は、光学機器の基本的な部品である非球面レンズの製造に適した技術であり、既にレーザープリンタ、情報機器、自動車、カメラ、眼鏡等、多くの光学分野で用いられるプラスチックレンズを代表に利用されている。川下製造業者等からは、様々な複雑形状を有し、かつ付加価値を有する部品の需要が高い。特に、情報通信分野や医療分野等で使用される機能性部品の重要性が増しており、それに対応した技術が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高機能化
- イ. 高付加価値化

②高度化目標

- ア. 量産技術の向上
- イ. 微細成形加工、高精度成形加工技術の向上
- ウ. 肉厚・光学特性の高い超薄物部品等の高度化

f. 住宅・構造物・橋梁・道路・資材分野等に関する事項

住宅・建築物産業においては、環境配慮のニーズの高まりを背景として、コスト効率の高い耐久性に優れた建材の設計、省エネ性能に優れた建材の成型技術が求められる。また、資源循環の観点から、廃棄物等を材料とした複合材料の成型技術のニーズが高まっている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 省エネ化
- イ. 耐久性向上

②高度化目標

- ア. 省エネ性能・耐久性能の高い建材の成型技術の開発
- イ. 資源循環型材料成型技術の開発

2 立体造形に係る技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

当該技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を6点に集約し、以下に示す。

(1) 高機能化に対応した技術開発の方向性

- ①高強度化
- ②高精度化
- ③複雑形状化
- ④振動減衰性の向上
- ⑤剛性及び靱性の向上
- ⑥耐摩耗性の向上
- ⑦耐熱性及び耐焼付き性の向上
- ⑧耐食性の向上
- ⑨低熱膨張性の向上
- ⑩機能美の向上
- ⑪信頼性の向上
- ⑫高磁性特性化
- ⑬熱・電気伝導性の向上
- ⑭撥水性等の表面特性の向上
- ⑮生体適合性の向上
- ⑯光学特性の向上

(2) 軽量化に対応した技術開発の方向性

- ①薄肉化・微細形状の造形技術
- ②軽量素材の利用
- ③新部材の利用
- ④ダイカスト等の金型の高品質化

(3) 省資源・環境配慮に対応した技術開発の方向性

- ①省資源・環境対応
- ②省エネルギー
- ③廃棄物削減
- ④有害物質の削減・代替、除去、無害化
- ⑤作業環境の改善

(4) コスト削減と短納期化に対応した技術開発の方向性

- ①高速成形
- ②一体化成形・融合製造
- ③加工レス
- ④不良率低減
- ⑤IOT、AI等の活用
- ⑥トレーサビリティ
- ⑦リードタイム短縮
- ⑧少量多品種生産

(5) 積層造形技術を用いた当該技術等製造方法に関連した技術開発の方向性

- ①材料等の対象拡大
- ②高精度化
- ③作業効率化

(6) IOT、AI等を活用した技術開発の方向性

- ①センサ技術等を活用した信頼性の高いデータの取得・蓄積
- ②IOT、AI等の活用による設備等の予知保全・遠隔保守、運用最適化、匠の技のデジタル化等を通じた立体造形に係る技術開発の効率化・生産性向上
- ③IOT、AI等の活用による新たなサービス創出

3 立体造形に係る技術において特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型企业へと進化するためには、川上中小企業者等は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の当該技術の発展に向けて配慮すべき事項

①産学官の連携に関する事項

川下製造業者等、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。特にI o T・A I等の活用においては、例えば、センサや情報処理等、それぞれの専門分野や技術等の強みを活かした企業間の連携が重要であり、当該技術分野を超えて、複数の技術分野を組み合わせた研究開発が求められる。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、熟練技術者とのペアリングによる研究管理や、I o T、A I等の活用による熟練技術者の匠の技・ノウハウのデジタル化等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。また、I o T、A I等の新たな技術の活用に求められるデータサイエンティスト等の専門技術者の確保・育成にも取り組んでいくことが必要である。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的にI o T、A I等の活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する標準物質・計量標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が保有する技術を知的財産として認識し、管理していくことが重要であり、その有効な手段である特許権取得を適切に図る必要がある。他方、特許出願すれば、その内容が公になることや、特許権の効力は出願国にしか及ばないことから、特許出願せずにノウハウとして秘匿する方が好ましい場合もあり、戦略的な対応が求められる。

川下製造業者等は、川上中小企業者等と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、川上中小企業者等が有する知的財産を尊重すべきである。

⑥サイバーセキュリティ対策・プライバシー配慮に関する事項

I o T、A I等の活用に際しては、その前提となるサイバーセキュリティ対策や取得するデータに関するプライバシーへの配慮等について併せて検討することが重要である。

(2) 今後の当該技術に係る川上中小企業者等の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るためには、環境・エネルギー等のグローバルな社会課題への対応や、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。また、I o T、A I等のデータ利活用を前提とした製品・サービスについては、グローバルに流通することも見据えて、データに関する海外法制等にも留意した設計・開発を進めるべきである。

②取引慣行に関する事項

川上中小企業者等及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ましい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、デザイン思考 (Design Thinking) を用いることで、ユーザーの潜在的な課題や期待に対して、従来の概念に囚われずに、自らの保有技術とビジネス価値を同期させるプロセスを導入し、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの開発、提供を進めていくことが重要である。特にI o T、A I等を活用した研究開発を進めるに当たっては、川下製造事業者や市場の反応を試作品等にフィードバックさせながら、技術・製品の開発を進めていくといったアジャイル型の研究開発の視点を持つことも重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画 (BCP) をあらかじめ策定しておくことが重要である。

⑤ 計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、川上中小企業者等は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。

⑥ I o T、A I 等によるデータ利活用に関する事項

I o T、A I 等の活用により、川上中小企業者等が有する基盤技術の高度化を図ることが期待される一方、重要な技術情報等を狙ったサイバー攻撃は増加傾向にあり、その手口も巧妙化している。データを扱うに当たっては、「I o Tセキュリティガイドライン」等を参考にしつつ、こうしたサイバー攻撃のリスクを認識し、自社に加え、取引先等の関係者も含めたセキュリティ対策を講じることが重要である。また、中小企業者等が、他者と連携してデータを活用・共有するためには、データの利活用促進と適切な保護の観点から、「データの利用権限に関する契約ガイドライン」等を参考にしつつ、データ活用の在り方に関して十分な協議の上で公平かつ適切に取り決めを行い、契約においてデータの利用権限や保護の考え方を明確にしていくことが重要である。

(七) 表面処理に係る技術に関する事項

1 表面処理に係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

当該技術は、バルク（単独組織の部素材）では持ち得ない機能性を基材に付加するための機能性界面・被覆膜形成技術である。

例えば熔融した金属、セラミックス等の材料を基材表面に吹き付けること又は堆積させること、塗料等を基材表面に塗布し硬化させること、金属を溶かした水溶液中に浸せきさせること、金属を電解液中にて電気分解すること、酸化還元反応により表面に金属を析出又は酸化被覆膜を生成すること等が挙げられる。

具体的な機能は、防錆性、耐腐食性、耐熱性、耐候性、耐摩耗性、耐衝撃性、電磁気特性、光学特性の向上、若しくは、摩擦の軽減や摩耗に対する寸法復元等多岐に渡る。さらに、装飾性や彩色、光沢、風合い等使用者の感性価値の向上や界面の物理的・化学的制御による洗浄性や撥水性等の向上も重要な機能と言える。

適用範囲も医療機器、自動車、家庭用電気製品、コンピュータ等の情報通信機器、半導体デバイス・センサ等の電子部品、家庭用品、衣料品・日用品、半導体・液晶、光学機器、航空宇宙・船舶、鉄鋼、産業機械、橋梁・構造物、住宅、建材、家具等と多岐にわたる。

(2) 当該技術の将来の展望

当該技術に関わる産業を取り巻く社会的、経済的環境は大きく変化しており、対応すべき新たな課題も提起されている。

例えば、医療分野及び環境分野においては、機能性被覆膜が持つ触媒機能による防汚性・抗菌性、遮熱機能による省エネルギーへの寄与等が注目されており、既に産業利用されている機能の高度化の視点だけではなく、これまで注目されていなかった新しい機能の実現を目的とする研究開発の必要性も一層高まりつつある。

また、競争が激化しつつある航空宇宙分野での機体の軽量化に寄与する薄膜化、打ち上げ時の耐熱、耐衝撃性、宇宙空間での耐放射線、耐冷温等の当該技術の開発が、川下製造業者等の開発全体の大きな鍵を握っている。

さらに、医療機器やデジタル家電を始めとする電子機器においては、集積回路やプリント基板における配線の多くが導電性被覆膜によって実装されており、その微細化の精度が回路の密度、ひいては医療機器等のサイズと性能を決定している。これらの結果、機能性界面・被覆膜形成

における微細加工の成否が川下製造業者等の競争力に直結することとなり、当該技術の革新に高い期待が集まっている。

半導体・液晶の分野では不純物の混入を防ぐための当該技術が用いられており、その優劣が川下製造業者等における製品の品質に直結している。

また、I o T、A I等の活用によって、上記の課題を解決し、表面処理に係る技術の高度化やそれに関連した新たなサービスが創出される可能性がある。例えば、表面処理プロセスにおける様々なデータをセンサで収集し、A Iで解析、自動制御をすることによって、より迅速かつ信頼性の高い表面処理加工を実現する等、更なる技術の高度化等の可能性を有している。I o T・A I等を活用した新たな技術を求める川下製造事業者等の産業分野も、より一層広がっていく可能性を有しており、こうした新たな技術を活用した積極的な取組が求められる。

このようなI o T等のデータ連携基盤やA Iは経済・産業政策上、競争力の源泉となる重要な技術インフラとなっているが、こうした重要技術インフラをさらに飛躍的・非連続的に発展させるイノベーションの鍵となる基盤技術として量子コンピューティングをはじめとした量子技術が挙げられる。量子技術は世界的にも将来の経済・社会に大きな変革をもたらす源泉及び革新技術として位置づけられ、我が国としても取り組みを加速している状況にある。特に当該技術は、量子技術における重要な役割を果たす基盤技術の一つであり、例えば、量子コンピューティングや量子センシング等を支える光子の制御や光子のセンシングにかかる光学部品の高度化にかかる表面処理技術等に必要不可欠な要素である。今後、次世代のコンピューティング技術・センシング技術等が量子技術によって実現されていくことが予想されるが、そのためにはより高精細な当該技術が求められるため、量子技術の発展に向け、川下製造業者等との密な連携による当該技術要素のさらなる高度化に向けた取り組みが期待される。

加えて、こうしたI o T、A I、量子技術といった革新的な技術開発による社会のデジタル化がもたらすメリットを最大化できるよう、サイバーセキュリティの確保も求められる。国際的にも、科学的基礎に基づくセキュリティ対策がより重要性を増すと考えられるところ、そのための研究開発への期待は高い。特に、当該技術の高度化が貢献でき得るセキュリティ基盤技術としては、例えば、I o T社会におけるシステムの信頼の基点となるI o T機器末端におけるセキュリティの確保に向けた、回路配線層の難読化にかかる表面処理技術や、レーザ照射等物理攻

撃に対抗するための機構の実現のための表面処理技術等が挙げられる。また、耐量子コンピュータ暗号としての、原理的に安全性が確保される量子暗号通信の実用化に向けた、前段で述べた光子の制御やセンシングに係る光学部品高度化等に資する表面処理技術も挙げられる。こうした基盤技術の研究開発に関し、アカデミック、川下製造業者等を含めた産官学による密な連携を通じた取り組みが期待される。

(3) 川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える共通の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 高機能化

当該技術の適用範囲の拡大、すなわち材料の多様化や用途の拡大に対応して、機能性界面・被覆膜の高機能化・多機能化に対するニーズが高度化している。機能性界面・被覆膜による製品等の付加価値向上の効果を高めるため、継続的な高機能化・多機能化への取組が求められている。

イ. 形成プロセスの微細化・精密化

川下製造業者等の製品の小型化・高機能化に対する要求に対応し、部品やモジュールを小型化・高集積化するための技術革新が進められている。こうした取組は製品の競争力に直結する分野であり、進展のスピードが速い。このような背景の下、当該技術の研究開発に対しても、機能性界面・被覆膜を形成するプロセスの微細化・精密化が期待されている。

ウ. 新たな機能の発現

川下製造業者等の用途に応じて、生体との親和や環境調和等、目的に応じた新たな機能を発現させる当該技術の開発が求められる。

エ. 品質安定性・安全性の向上、長寿命化

機能性界面・被覆膜の品質を安定化し、性能保持期間を長寿命化することが川下製品の品質安定性・安全性を確保するために求められている。また、川下製品の維持管理の軽減のために、機能性界面・被覆膜の特性の経時変化を的確に把握することが課題となっている。

オ. 環境負荷の低減

環境保全に対する社会的要請の高まりを受け、機能性界面・被覆

膜形成プロセスで発生する廃液・排気における有害物質の削減・代替・適正処理、さらに製造プロセスの省エネルギー化・CO₂削減といった環境負荷低減への対応が求められている。

また、製品安全と資源リサイクルに対するニーズの高まりに応じて、川下製品の廃棄時・リサイクル時における有害物質発生への対応や界面材料の分離及び処理技術も求められている。

カ. 生産性向上・低コスト化

新興国市場のボリュームゾーンを開拓していく上で、日本市場や先進国市場向けの製品とは異なる仕様の製品を低コストで供給することが求められている。

具体的には、低コスト化を実現するため、生産工程の効率化、品質の適正設定・管理改善、不良率低減等に対応することが求められている。また、多品種少量生産等が要求される製品分野においても製造プロセスの改善や段取りの工夫等による低コスト化及び高効率化が求められている。

キ. 生産装置の最適化

川下製造業者等では、技術革新が進み多様な用途の製品が開発され、小型化、軽量化、省電力化等の多機能化が進んでいる。また、従来では使用されていなかった素材が川下製造業者等で導入されるケースが増えており、表面加工が難しい部素材についても、高機能化の観点から、加工の要求が高度化している等、新素材や新しい製造プロセスに対応した生産装置の最適化が求められている。

ク. IoT、AI等によるデータ利活用の推進

IoT、AI等のデータ利活用に関する急速な技術革新が進展することによって、表面処理技術に関するあらゆるプロセス等を革新し、新たなサービスが創出される可能性がある。こうした技術を積極的に活用し、上記ア. からキ. までに掲げる表面処理に係る技術の高度化目標を実現する。

②高度化目標

ア. 当該技術が持つ物理的・化学的な諸特性の向上

機能性界面・被覆膜が備えるべき防錆性、耐腐食性、耐熱性、遮熱性・熱伝導性、耐摩耗性・耐擦傷性・耐焼付性、潤滑性・低摩擦化、耐ビルドアップ性・はんだ付け性、耐エロージョン特性、グリップ性、密着性、親水性・撥水性、電磁気特性・光学特性等の物理的・化学的特性の向上は、当該技術の高度化における代表的な

目標である。

また、これら単体の機能の高度化のみならず、複数の機能を併せ持つ複合化も重要な目標である。

イ. 形成プロセスの微細化・精密化

微細・精密な機能性界面・被覆膜の実現手段としては、マスキング・パターニング技術を高度化する他、半導体技術として発展してきた光露光技術やエッチング技術をさらに高度化させることが出来る。また、微細な立体構造を形成するMEMSの製造に電鍍技術を応用する等新しい用途の開発にもつながることが期待される。超薄膜や複層膜の形成により、当該技術の高度化が図られる。また、機能や材質の異なる複数の皮膜等を形成する積層技術の高度化を実現する。

ウ. 感性価値の向上

機能性界面・被覆膜による製品の装飾性・意匠性の向上は、川下製造業者等の製品の魅力や最終消費者にとっての製品価値に直結することから、彩色、光沢、風合い等の向上も当該技術の高度化における重要な目標である。

エ. 新たな機能の発現

光触媒機能等による細菌やウイルス、カビ等の繁殖を抑制する抗菌性の発現、触媒機能による有害物質の分解等、従来には考えられなかった新しい機能を発現させるための技術の開発が求められる。また、電子回路において抵抗器やインダクタの機能を機能性界面・被覆膜によって実現する等、既知の機能の新しい用途の開発も重要な目標である。

オ. 品質の向上

機能性界面・被覆膜の品質向上については、上記アの物理的・化学的諸特性の向上に加え、性能保持期間を長寿命化するための技術の高度化が求められる。また、川下製造業者等の製品の品質保持のために、検査及び評価手法、経年劣化に対する特性劣化の予測手法の確立及び向上を実現する。

さらに、機能性界面・被覆膜を形成するプロセス技術については、膜厚の均一性向上や欠陥の削減・検出・復元に係る技術の高度化が目標である。

カ. 有害物質等の削減

環境影響の低減のために、鉛、六価クロム、シアン、VOC等の有害物質を含有しない機能性界面・被覆膜、有害物質の使用や温暖

化ガスの発生を削減できる形成プロセスを開発する。

キ. 生産性・効率性の向上

国際的な厳しいコスト競争を勝ち抜くために、生産工程の効率化（自動化・生産速度向上、生産リードタイム短縮等）、不良率低減（歩留まり向上）、施工範囲の大面积化等機能性界面・被覆膜形成プロセスに係る生産性を向上する。また、多品種少量生産にも対応する。

ク. 量子技術を支える技術の高度化

量子コンピューティング等の量子技術を実現する周辺技術の一つとして、表面処理技術は必要不可欠な要素である。例えば、量子コンピューティングにおける量子ビットを実現する仕組みの一つである光子を用いた手法に可能な光学部品の表面処理技術や、量子センシングを支えるイメージセンサの高感度化に係る表面処理技術等が挙げられ、川下製造業者との密な連携による量子技術実用化に向けた表面処理技術を高度化する。

ケ. サイバーセキュリティを支える技術の高度化

今後のデジタル社会を支えるサイバーセキュリティの確保に向けた周辺技術として、当該技術は必要不可欠な要素である。例えば、量子通信・暗号の実用化に向けた、上記クにて記載した量子センシングに係る光学部品・イメージセンサ等に係る表面処理技術が挙げられる。また、I o T社会におけるI o T機器末端のセキュリティの確保に向けた、回路配線層の難読化にかかるメタルシールド生成等の表面処理技術や、レーザー照射等物理攻撃やハードウェアトロージャン侵入の脅威に対抗するためのICチップの機構の実現のための表面処理技術等が挙げられる。アカデミック・川下製造業者との密な連携による次世代セキュリティ技術実用化に向けた表面処理技術を高度化する。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 医療・健康・介護分野に関する事項

医療器具（人工心臓、外科手術機器、内視鏡、検査装置等）や人工骨、医療用人工部品（人工関節、義歯、医療用インプラント、コンタクトレンズ等）に関して、金属アレルギーその他人体への悪影響を防止するために、人体に影響の少ない物質による機能性界面・被覆膜や人体と

の親和性の高い表面構造を持つ機能性界面・被覆膜を通じた生体親和性の付与及び向上が強く求められている。また、ロボット介護機器等の福祉機器においては、操作の安全性・信頼性に加えて、機器の小型化・軽量化に繋がる当該技術の高度化が求められている。

また、高い衛生環境が求められる医療環境においては感染症予防が重要なニーズである。当該技術においては、病院内感染予防のための殺菌被膜の形成、再生医療器具の感染防止のためのコーティング技術の開発等が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 生体適合性・生体親和性の向上
- イ. 装着感等使用者の感性価値の向上
- ウ. 操作の安全性・信頼性の向上及び機器の小型化・軽量化
- エ. 感染症予防

②高度化目標

- ア. 機能性界面・被覆膜による生体親和性の付与及び向上
- イ. 装着感の向上や疲労の軽減等機能性界面・被覆膜による利便性の向上
- ウ. 基材の進歩（軽量・高剛性な新素材）に対応した機能性界面・被覆膜技術の向上
- エ. 感染症予防に向けた殺菌機能の付加技術の向上

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

燃料電池は、近年市場化に向けて大きく進展しているが、性能劣化による短寿命が課題とされており、当該技術による電極等の機能向上を通じた燃料電池の性能劣化の抑制が強く求められている他、効率的かつ安全に水を排出するためのコーティング技術等が求められている。また、太陽光発電や風力発電等の再生可能エネルギー分野では、耐候性、耐食性等の機能向上とともに、長寿命、メンテナンス方法の開発が求められている。触媒による排気ガス処理等、環境面の技術ニーズも大きい。

また、近年ではEV等の拡大や家庭用太陽光発電の普及を受け、蓄電池の利活用に関心が高まっている。蓄電池の普及には軽量化、小型化、高効率化といった技術課題の克服が求められており、当該技術においては高効率な発電に寄与する表面処理技術の開発が求められる。

水素製造についても、近年の環境配慮の高まりを受けて利用用途が拡大している。それに伴い、水素製造工程においても様々な用途に対応できる水素製造装置の開発とコーティング技術の向上が求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 長寿命化・耐久性
- イ. 高効率化・高機能化
- ウ. メンテナンス性

②高度化目標

- ア. 白金等希少金属の使用量削減、白金等希少金属の代替材料による当該技術の確立
- イ. エネルギー効率及び信頼性の向上
- ウ. 長期耐久性やメンテナンス性の実現

3) 航空宇宙分野に関する事項

航空宇宙分野では、省エネルギーの観点から軽量化が求められている。加えて、厳しい環境下での運用にも対応することが必要であり、これらの資材・部品は高度な耐環境性が求められている。特に、航空機では、これらに加え、極めて厳格な品質管理が求められている。

炭素繊維強化プラスチックの活用や材料の複合化に向けた開発が始まっているが、これらの材料の耐久性の課題を解決するために強度の向上に資する表面処理技術が求められる。

また、宇宙分野では宇宙空間におけるスペースデブリへの対策として、人工衛星等の耐摩耗性・信頼性の向上が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 燃費向上、軽量化
- イ. 耐久性、耐環境性能の向上
- ウ. メンテナンス性
- エ. 長寿命化
- オ. 耐摩耗性・信頼性の向上

②高度化目標

- ア. 基材の進歩（軽量・高剛性な新素材）に対応した当該技術向上
- イ. 超薄膜化と過酷環境への対応の両立
- ウ. 長期耐久性やメンテナンス性の実現
- エ. 機能性界面・被覆膜の検査測定技術、寿命予測手法の確立
- オ. 耐剥離強度向上技術の確立

4) その他の川下分野に関する事項

a. ロボット分野に関する事項

これまでのロボットは、産業用ロボットとして産業界、特に製造の現

場である工場において利用されてきた。今後は、ロボットが活躍する場を非製造業分野や民生分野に拡大していくことが期待されている。また、産業用ロボットについても、製造業の生産形態が少品種大量生産から多品種変量生産へシフトしたことにより、柔軟性のある組立工程に対応し、人間と協働できる次世代の産業用ロボットの導入が必要とされている。ロボットを構成する部材のうち、表面部材・骨格用構造材、駆動部材・駆動用構造部材及び制御装置・センサ部材等の随所に当該技術が使われているが、それぞれの役割に応じた信頼性及び安全性の確保が重要な課題となっている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 信頼性及び安全性

イ. 極限環境に対応した部品の製造

②高度化目標

ア. 信頼性及び安全性の確保に向けた技術の向上

イ. 極限環境に対応する当該技術の確立

b. 情報通信・エレクトロニクス分野に関する事項

情報通信機器においては、半導体関連部材、素子・センサ部材、光学部材、記録部材及び実装部材等の随所に被覆膜技術が使われている。特に半導体においては、近年、半導体製造プロセスの微細化技術開発や、高集積化を可能とする3Dパッケージ技術開発、高性能化・低消費電力化に向けた新構造・新素材の適用等に関する取り組みが進められており、部材の品質の向上と耐久性の向上を両立させることができる表面処理技術が求められる。また、川下製造業者等のニーズの多様化のため、光学的性能の向上、記録媒体への磁性の付与技術、装飾性、基本要件としての膜厚精度、膜硬度の向上等が求められる。

また、エレクトロニクス分野においては、近年、液晶の高精細化、シリコンウエハの大型化、ハードディスクの大容量化等、細密な形成・加工を要する工程が求められていることから、こうした工程により細部まで入り込んだ様々な不要物質（各種液晶材、研磨材、ガラスくず、油脂類、指紋等）を性質に応じて効率よく除去する洗浄剤の開発が進められている。従前は、エレクトロニクス分野の製造工程では、洗浄剤として温室効果の高いフロン類等が用いられてきたが、これに替わるものとして水系を中心とした環境負荷の少ない洗浄剤が普及している。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 電子デバイス・センサで必要となる半導体等の多様な材料への対

応

- イ. 光学特性
- ウ. 電磁気特性
- エ. 回路の微細化
- オ. シリコンウエハサイズの多様化
- カ. 高付加価値化・特殊機能性の付与
- キ. デバイス製造工程の高度化
- ク. デバイス製造工程における環境負荷の低減

②高度化目標

- ア. 高集積化、高積層化、高平滑化並びに膜厚精度、膜硬度、密着性、平滑性及び耐熱性の向上
- イ. 耐プラズマ性、耐ガス性及び成膜速度の向上
- ウ. 蛍光、蓄光特性の付与及び向上
- エ. 磁性の付与及び向上
- オ. 装飾性・高意匠性、耐候性、難燃性、電磁波シールド性及び電気伝導特性／電気絶縁特性の付与及び向上
- カ. 短納期大量生産に対応した機能性界面・被覆膜形成プロセスの生産性向上
- キ. 洗浄工程における手法の高度化と環境配慮

c. 自動車等輸送機械分野に関する事項

自動車等の輸送機械では、安全性や快適性の確保、さらに環境配慮が求められている。また、EV化や燃料電池化等次世代自動車の普及に向け、低コスト化及び高強度化・軽量化も課題となっている。特に、EVやFCV等の次世代自動車の普及にあたっては、触媒を用いたエネルギー効率の向上を実現する技術を向上させていくことも必要となる。

輸送機械の機能性界面・被覆膜形成工程は、表面の保護や意匠性を高める重要な工程である。また、その期待される性能を発揮するため、前処理工程として表面の洗浄が欠かせないものとなっている。さらに、金属の界面加工においては、使用した加工油や焼付け油、切粉、研磨材等の除去で洗浄剤が活用されている。

自動車等の輸送機械においては、信頼性・安全性を確保するため、ブレーキシャフトやエンジン周りの微細な汚れを確実に除去する洗浄性の高い洗浄剤、洗浄手法が求められている。併せて、より生分解性の高いもの、水性であっても洗浄能力に遜色ないもの等、環境負荷の少ない洗浄剤の開発も進められている。

自動車や船舶等の塗装が行われる分野では、用いる塗料を環境に配慮した次世代塗料へ転換することや、塗装のプロセスの効率化・最適化等により、大気汚染の原因となる有機化合物や、CO₂等の温室効果ガスの排出を削減する取り組みが期待されている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 軽量化
- イ. 高付加価値化
- ウ. 変種変量生産対応
- エ. 高強度化
- オ. 洗浄性の高度化
- カ. 環境負荷の低減
- キ. エネルギー効率の向上

②高度化目標

- ア. 高耐久性、高意匠性、高機能性の付与の実現
- イ. 変種変量生産に効率的に対応できる機能性界面・被覆膜形成プロセスの実現
- ウ. 基材の進歩（CFRP等軽量・高剛性な材料）や表面加工の難しい基材に対応した当該技術の向上
- エ. 操作や制御の容易化
- オ. 狭隘箇所への機能性薄膜・界面形成
- カ. 高い洗浄力を持つ洗浄剤、洗浄手法の開発
- キ. 環境に配慮した塗料及び塗装プロセスの開発
- ク. エネルギー変換効率を高める触媒の開発

d. 産業機械分野に関する事項

工業製品の生産の基礎となる産業機械は、様々な過酷な環境で使用されるため、その要求される界面・被覆膜の機能は多種にわたり、それぞれの環境に応じた開発が必要である。例えば、革新的な生産プロセスの開発、エネルギーの高効率利用・生産に伴い、各種産業機械の使用温度が上昇する等、高負荷条件での操業が求められつつある。こうした状況のもとで当該技術に関しても、その耐熔融材料付着性、離型性の向上を実現するための技術の高度化が期待されている。その他、振動、衝撃、電磁波等様々の環境に適合できる当該技術が必要になる。

さらに、金属の界面加工においては、使用した加工油や焼付け油、切粉、研磨材等の除去で洗浄剤が活用されている。また、生分解性の高いもの、水性であっても洗浄能力に遜色ないもの等、環境負荷の少ない洗

浄剤の開発も進められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高負荷環境対応
- イ. 産業機械の使用工程における環境負荷低減
- ウ. 産業機械が生産する最終製品の品質・高付加価値向上
- エ. 洗浄性の高度化

②高度化目標

- ア. 高負荷環境に対応する機能性界面・被覆膜
- イ. 付着性（馴染み性）、離型性、親水性、撥水性の向上
- ウ. 使用薬品や不純物に対する機能性薄膜・界面の耐腐食性、基材環境遮断性、汚れ防止性の向上
- エ. 高い洗浄力を持つ洗浄剤、洗浄手法の開発

e. 住宅・構造物・橋梁・道路・資材分野等に関する事項

住宅、構造物、橋梁、道路、資材等は、優れた安全性、低環境負荷性、耐久性、メンテナンス性、長寿命化等が求められている。また、優れた高耐候性を有する資材・製品及び優れた省エネルギー性並びに優れた耐震性を有する製品の開発も求められている。当該技術領域においては、本体部材の長寿命化に加えて構造物の組み立てに用いる接合部材の耐久性向上・長寿命化に向け、接合部の錆びや劣化等を防止するための接合箇所への表面処理技術の向上も求められている。

スマート家電分野についてはダウンサイジングのトレンドが顕著であり、機器の小型化、検査機器の微細化・長寿命化を実現する表面処理技術ニーズがある。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. メンテナンス性
- イ. 高耐候性
- ウ. 長寿命化
- エ. 省エネルギー性
- オ. 耐震性・強度
- カ. 検査機器の高性能化

②高度化目標

- ア. 当該技術によるメンテナンス性向上
- イ. 長期耐久性実現のための解析技術
- ウ. 長期耐久性界面・被覆膜形成
- エ. 当該技術による省エネルギー性向上
- オ. 当該技術による耐震性・強度向上
- カ. 機器の小型化・長寿命化に対応した被膜技術向上

2 表面処理に係る技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

当該技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を5点に集約し、以下に示す。

(1) 当該技術が持つ物理的・化学的な諸特性の向上に対応した技術開発の方向性

- ①部材表面の機能付与（耐熱性、耐食性、耐摩耗性、電磁気特性、光学特性等）
- ②基材の保護（外部環境からの遮断、密着性確保、表面硬化）
- ③複雑表面、狭隘箇所への適用技術
- ④異なる素材部品（金属や樹脂、ガラス等）に対する同様な視覚特性の付与
- ⑤微細加工・高密度実装
- ⑥機能性界面・被覆膜形成において高性能を得られる環境の形成

(2) 品質の向上に対応した技術開発の方向性

- ①機能性界面・被覆膜形成プロセスの自動化、高速化
- ②膜厚精度の制御に関する技術開発
- ③機能性界面・被覆膜の品質安定化及び品質管理（非破壊検査技術等）
- ④信頼性の高い補修プロセス
- ⑤マスキング
- ⑥最適な製造環境の形成

(3) 環境配慮に対応した技術開発の方向性

- ①製品中の有害物質フリー化
- ②生産プロセスにおける環境負荷低減
- ③有害物質除去装置の改善
- ④作業環境の改善（騒音、粉じん等の抑制）
- ⑤地球温暖化抑制、低VOC、生分解性の向上
- ⑥特殊ガスの利用や高性能排ガス処理装置等による低環境負荷

(4) 生産性・効率性の向上に対応した技術開発の方向性

- ①フレキシブル生産
- ②不良率低減

- ③自動化・生産速度の向上
- ④生産リードタイム短縮
- ⑤効率の向上
- ⑥メンテナンスコストの低減
- ⑦均質な製品の生産
- ⑧低コスト化

(5) I o T、A I 等の新たな技術を活用した技術開発の方向性

- ① I o T、A I 等の活用による設備等の予知保全・遠隔保守、運用最適化、匠の技のデジタル化等を通じた表面処理に係る技術開発の効率化・生産性向上
- ② I o T、A I 等の活用による新たなサービス創出

3 表面処理に係る技術において特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型企业へと進化するためには、川上中小企業者は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の当該技術の発展に向けて配慮すべき事項

①産学官の連携に関する事項

川下製造業者等、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。特に I o T・A I 等の活用においては、例えば、センサや情報処理等、それぞれの専門分野や技術等の強みを活かした企業間の連携が重要であり、当該技術分野を超えて、複数の技術分野を組み合わせた研究開発が求められる。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、熟練技術者とのペアリングによる研究管理や、I o T、A I 等の活用による熟練技術者の匠の技・ノウハウのデジタル化等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。また、I o T、A I 等の新たな技術の活用に求められるデータサイエンティスト等の専門技術者の確保・育成にも取り組んでいくことが必要である。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的にI o T、A I等の活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する標準物質・計量標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が保有する技術を知的財産として認識し、管理していくことが重要であり、その有効な手段である特許権取得を適切に図る必要がある。他方、特許出願すれば、その内容が公になることや、特許権の効力は出願国にしか及ばないことから、特許出願せずにノウハウとして秘匿する方が好ましい場合もあり、戦略的な対応が求められる。

川下製造業者等は、川上中小企業者等と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、川上中小企業者等が有する知的財産を尊重すべきである。

⑥サイバーセキュリティ対策・プライバシー配慮に関する事項

I o T、A I等の活用には、その前提となるサイバーセキュリティ対策や取得するデータに関するプライバシーへの配慮等について併せて検討することが重要である。

(2) 今後の当該技術に係る川上中小企業者等の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るためには、環境・エネルギー等のグローバルな社会課題への対応や、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。また、I o T、A I等のデータ利活用を前提とした製品・サービスについては、グローバルに流通することも見据えて、データに関する海外法制等にも留意した設計・開発を進めるべきである。

②取引慣行に関する事項

川上中小企業者等及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ましい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、デザイン思考（Design Thinking）を用いることで、ユーザーの潜在的な課題や期待に対して、従来の概念に囚われずに、自らの保有技術とビジネス価値を同期させるプロセスを導入し、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの開発、提供を進めていくことが重要である。特にIoT、AI等を活用した研究開発を進めるに当たっては、川下製造事業者や市場の反応を試作品等にフィードバックさせながら、技術・製品の開発を進めていくといったアジャイル型の研究開発の視点を持つことも重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画（BCP）をあらかじめ策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、川上中小企業者等は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。

⑥IoT、AI等によるデータ利活用に関する事項

IoT、AI等の活用により、川上中小企業者等が有する基盤技術の高度化を図ることが期待される一方、重要な技術情報等を狙ったサイバー攻撃は増加傾向にあり、その手口も巧妙化している。データを扱うに当たっては、「IoTセキュリティガイドライン」等を参考にしつつ、こうしたサイバー攻撃のリスクを認識し、自社に加え、取引先等の関係者も含めたセキュリティ対策を講じることが重要である。また、中小企業者等が、他者と連携してデータを活用・共有するためには、データの利活用促進と適切な保護の観点から、「データの利用権限に関する契約ガイドライン」等を参考にしつつ、データ活用の在り方に関して十

分な協議の上で公平かつ適切に取り決めを行い、契約においてデータの
利用権限や保護の考え方を明確にしていくことが重要である。

(八) 機械制御に係る技術に関する事項

1 機械制御に係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

当該技術は、力学的な動きを司る機構により動的特性を制御する動的機構技術である。動力利用の効率化や位置決め精度・速度の向上、振動・騒音の抑制、生産工程の自動化等を達成するために利用される。

当該技術の主な川下製造業者等の産業分野としては、自動車、精密機械、工作機械、建設機械、半導体・液晶製造装置、ロボット、事務機器、発電等が挙げられる。これら川下製造業者等においては、高精度、高速、高強度、小型・軽量化・低騒音化等に対するニーズが高まっているところである。

加えて、環境・エネルギー、医療・健康・介護分野においても、当該技術に対する需要が高まっている。例えば、発電装置においては大きなトルクをエネルギーロスなく発電機に伝えることが重要であり、高強度化、長寿命化が求められる他、周辺環境への配慮から振動、騒音の大幅な低減が求められている。また、医療分野で用いられる手術装置においては、医師の操作を正確にトレースする必要があることから、複雑かつ多様な動作を可能にする高精度・高信頼性の位置決め技術が必要となる。また、宇宙分野で使用される無人探査機のマニピュレータ等においては、故障した場合に修理が難しいことから、自由度の高い操作性と故障時の冗長性を兼ね備えた信頼性が高く複雑な当該技術が必要とされる。

自動車、工作機械、ロボット市場等のグローバル化に伴い、新興国の台頭が当該技術分野でも顕著である。低コスト化に対応する一方で、高付加価値な機器・装置を製造するための技術力向上や柔軟な製造システムの構築等に努め、海外の川下製造業者等からのニーズにも応えていく必要がある。

また、我が国はいわゆる「人口減少社会」に突入し、労働力人口は今後減少の一途をたどることが確実視されている中、企業における人手不足はより深刻さを増していくことが想定される。限られた人手でより効率的な作業を行うためには、当該技術を活用した生産工程の自動化や省力化が重要であり、そのような取組を通して生産性を向上していくことが求められる。

(2) 当該技術の将来の展望

当該技術は、高精度化及び高速化への対応とともに、長期間継続的な

利用に耐えうる高強度化、長寿命化が求められる。また、環境・エネルギーの観点から振動抑制、医療や航空宇宙の観点から高い信頼性の要請が高まっていく。また、過酷環境下での安定的な動作や微細な操作を可能とするための小型化等、今まで以上に高度な性能が求められる。

加えて、全体最適という観点においては、各技術要素の高度化のみならず、要素同士の最適な組合せによりシステムとして統合（インテグレーション）する技術の高度化や、統合しやすいインターフェースの実装等も今後更に重要となってくる。

さらに、機械制御がその本来の高度な性能、信頼性を発揮するためには、正確な位置情報や姿勢情報等が必須であり、高度な測定技術との連携が望まれる。また、海外展開においては、国際標準への対応も必要である。

また、I o T、A I等の活用によって、上記の課題を解決し、機械制御に係る技術の高度化やそれに関連した新たなサービスが創出される可能性がある。当該技術は、センサ等で取得したデータを解析し、その結果を機械等に伝え、制御するというI o T全体の仕組みにおける機械等の制御部分を支える重要な役割を担う。例えば、熟練技術者の作業をセンシングし、A Iによる解析によって匠の技をデジタル化し、それを機械制御に活用する等、更なる技術の高度化等の可能性を有している。I o T・A I等を活用した新たな技術を求める川下製造事業者等の産業分野も、より一層広がっていく可能性を有しており、こうした新たな技術を活用した積極的な取組が求められる。

(3) 川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える共通の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 静音化・低振動化・低発熱化

快適な作業環境の実現や民生利用における使用感の向上等の要請から、静音化・低振動化・低発熱化のニーズが高まっている。さらに、精度や耐久性、快適性等を低下させる原因となる振動や地震動を積極的に低減・制御するため、制振性や免震性へのニーズも大きい。

イ. 小型化・軽量化

省資源・省エネルギー化及び低コスト化の実現から小型化・軽量

化が求められる。また、小型化・軽量化は、静音化・低振動化にも資することからニーズが高まっている。

ウ. 高精度化・高速化

滑らかな動作による静音化・低振動化、高速化、微細加工による小型化・軽量化等、機械制御に求められる精度と速度が高まっている。

エ. 高強度・高耐久性

当該技術を含む機械装置は、川下製造事業者の製品の基幹部品となることから、製品信頼性及び環境性能向上の観点から、高強度・高耐久性に対するニーズが高まっている。

オ. 高安全性・高信頼性

故障時等のトラブルにおいても、安定的に動作・停止できるような冗長機構の実現や、作業員やサービス利用者等に対して製品動作部位の安全性の向上等、当該技術への安全性・信頼性の向上ニーズが高まっている。

カ. 生産工程の改善・自動化

製品加工工程の高効率化及び製造プロセスの改善によって、納期短縮やコスト削減の実現、高品質化が求められる。また、単純作業や危険・過酷環境下における作業等において、従来人手による対応に依存していた工程の自動化に対するニーズが高まっている。

キ. 高潤滑性

動力の利用効率や信頼性・寿命の向上のためには潤滑性の向上が不可欠である。その一方、医薬品、食品分野等において、潤滑油やグリース等の潤滑剤の製品への混入を防ぐため、それらを使用しない機械制御へのニーズも高まっている。

ク. プロセスの省エネルギー化

省エネルギー化を狙い、電動駆動等のニーズが高まっている。

②高度化目標

ア. 静音化・低振動化・低発熱化のための技術の向上

環境や自身の機構からの振動は、精度や耐久性を著しい低下やエネルギーロス招くのみならず、快適性を著しく阻害するため、それらを低減させる機構を実現する。

イ. 小型化・軽量化のための技術の向上

微細な動作を実現し、省エネルギー・低コスト等を行うため、製

品の小型化・軽量化の要請に伴う小型化・軽量化を実現する。

ウ. 高速化・高精度化のための技術の向上

作業時間の短縮や正確な動作の実現のため、高精度化・高速化を実現する。

エ. 高強度・高耐久性のための技術の向上

過酷な環境下での多量のエネルギーの伝達を可能とする強度の実現やメンテナンスフリーを実現するため、強度及び耐久性の向上を実現する。

オ. 高安全性・高信頼性のための技術の向上

作業環境、サービス環境の安全性及び冗長性の保持等信頼性の向上が製品の顧客ニーズとして高まっており、高安全性・高信頼性を実現する。

カ. 生産工程の改善・自動化のための技術の向上

品質を保ったまま、納期短縮や低コスト化を実現するための生産工程を改善する。また、熟練技術者による複雑な作業等、自動化が困難と見られてきた領域において人手作業を代替又は支援し、労働環境の改善や生産工程を効率化するシステムを構築する。

キ. 高潤滑性のための技術の向上

耐久性を保ったまま、潤滑剤を使用しない機械制御を実現する。

ク. プロセスの省エネルギー化のための技術の向上

電動駆動対応等、省エネルギー化を実現するためのプロセス管理を実現する。

ケ. I o T、A I 等によるデータ利活用の推進

I o T、A I 等のデータ利活用に関する急速な技術革新が進展することによって、機械制御技術に関するあらゆるプロセス等を革新し、新たなサービスが創出される可能性がある。こうした技術を積極的に活用し、上記ア. からク. までに掲げる機械制御に係る技術の高度化目標を実現する。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 医療・健康・介護分野に関する事項

医療分野においては、開腹せずに体内の患部を除去できる内視鏡や、高度な医療を提供する手術装置等、複雑かつ多様な動作が可能な機構が求められる。同時に、極めて高い動作安全性や信頼性の確保、機械に慣

れない医師等でも直ぐに操作できる操作性の向上等が重要な課題となっている。

また、医療機器の研究開発においては、身体機能の維持・拡張が一つのトレンドになりつつある。例えば、着衣式ロボットスーツとその生産技術の開発や、神経接続技術により思考で制御可能な義手の開発が進められている。これらの研究開発にとって、当該技術は重要な技術である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 複雑動作における厳格な安全性・信頼性の保障
- イ. 高いユーザビリティの実現
- ウ. 高衛生性の確保
- エ. ユーザーの身体機能の維持・拡張の実現

②高度化目標

- ア. 生体親和性等の安全性・信頼性の向上
- イ. 位置決め精度の向上
- ウ. 操作性・ホスピタリティの向上
- エ. 高衛生性の実現
- オ. 身体機能の維持・拡張に資するロボット等の制御技術の向上

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

環境・エネルギー分野においては、高温や大トルク等の過酷な環境下で、エネルギーロスを少なくエネルギーを伝達する必要があるため、当該技術に対するニーズも高まっている。洋上風力・燃料アンモニア・原子力・太陽光等の脱炭素化に向けたエネルギーについては特にその要求が強く、安定供給に向けた設備利用率向上・長期運用を実現していくためにも当該技術が重要である。特に年々大型化が進む風力発電装置については、伝達エネルギーが突風等によって衝撃力になるにもかかわらず、その構造上、機構の大型化には制約があることから、通常エネルギー産業用部品とは異なる特性が必要となる。また、エネルギー安定供給の観点から非常用発電装置が用いられている高層建築等においては、高耐久性を備えた機構の実現により高所への燃料移送が可能となる。エネルギー安定供給の観点では、供給側の安定稼働・需要側の利用最適化も重要であり、例えば供給側における原子力発電及び廃炉に代表されるような過酷な環境下における点検を自動化することのできるロボット、バッテリーマネジメントシステムによる蓄電池の状態監視に基づく適切な充放電制御が挙げられ、また需要側においては、IoTを活用し、給

湯、空調、照明等需要側の機器と系統の状況を取得し、エネルギー供給を最適化するための自律制御・遠隔制御が重要であり、当該技術が重要である。さらに、エネルギー安定供給に関するコストの低減も重要な要素であり、例えば燃料アンモニア利用におけるアンモニアを気化させずに直接噴霧し利用するような供給系の簡略化や制御性の良いエネルギー生成技術が求められており、当該技術が重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 省エネルギー性
- イ. 低騒音化
- ウ. 用途に応じた形状
- エ. 点検自動化
- オ. エネルギー供給の自律制御

②高度化目標

- ア. エネルギー利用効率の向上
- イ. 低騒音化に対応した技術の向上
- ウ. 用途に応じた形状に対応した技術の向上
- エ. 点検自動化に対応した技術の向上
- オ. エネルギー供給自律制御に対応した技術の向上

3) 航空宇宙分野に関する事項

航空宇宙分野においては、防衛関連、民生関連ともに、高速化や航続距離の長距離化、低燃費化等に伴って、軽量化、高強度化が求められている。また、極限環境での使用に耐えるため、冗長性、メンテナンスフリーといった課題への対応が必要である。さらに、近年、特に小型ロケット・小型衛星の市場規模拡大を見据え、海外ベンチャー事業者にもコスト面で優位に立つ必要があることから、民生部品の活用等による低コスト化技術の必要性が高まっている。

他方、航空輸送量が今後増加していくため、化石燃料を使用したエンジン搭載の航空機による輸送を続けていくと、航空機から排出されるCO₂が増加していくことが予想される。そのため航空機エンジンに持続可能な航空燃料（Sustainable aviation fuel: SAF）や水素燃料を使用し、CO₂の排出を削減する方法や、電気自動車やハイブリット車等自動車分野で研究開発が進んでいる電気を動力として飛行することのできる技術開発への期待が高い。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 軽量化・高強度化

- イ. 信頼性の確保
- ウ. 低コスト化
- エ. 脱化石燃料化・電動化・ハイブリッド化による環境負荷低減

②高度化目標

- ア. CFRP等新素材等の活用
- イ. 冗長性・メンテナンスフリーの実現
- ウ. 民生部品の活用や製造工程の見直し
- エ. 脱化石燃料化・電動化・ハイブリッド化に関する機械制御技術の高度化

4) その他の分野に関する事項

a. 自動車等輸送機械分野に関する事項

自動車分野においては、燃費向上や排ガス規制等への積極的な環境対応が進められており、車体部品の軽量化を求められている。軽量化に向け、新素材による車体部品の生産が試行されており、耐久性が課題となっている。また、電気自動車等を中心に、バッテリー、モーターその他電子部品等のエネルギー効率の向上も求められている。また、近年ではIT化の進展により、自動車等モビリティの接続化・自動化が進展しており、IoT等で取得された情報と連動した運転制御・運行制御技術等による自動車の付加価値向上に向けた取り組みが求められている。例えば自動車における高精度GPSデータや周囲の画像データに応じた運転制御、船舶におけるGPSデータや潮流や風等の外力のデータに応じて安定保持や任意の移動を可能とする運航制御といったことが挙げられ、当該技術が重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 燃費・エネルギー効率の向上
- イ. 耐久性向上
- ウ. 制御の自律化・自動化

②高度化目標

- ア. 軽量化
- イ. 新素材の加工対応
- ウ. IoT、AI等を活用した機械制御技術の高度化

b. ロボット分野に関する事項

夜間自動見回りロボット等企業における活用のみならず、介護・福祉現場におけるロボット介護機器や災害救助ロボット等の普及が図られて

おり、また、家庭においても自動掃除機や高級マッサージ機等が身近になる等、サービスロボットに対するニーズが高まっている。サービスロボットは、求められる機能にきめ細かく対応できるよう複雑かつ多様な動作を求められることが多いが、同時に、自動化に伴い、極めて高い安全性や信頼性等も重要な課題となっている。

また、産業用ロボットの活用においては、中小企業や三品（食品・化粧品・医薬品）産業、サービス業のほか、大企業の製造業においても組立・検査作業は未活用領域となっていたが、近年では、人手不足や熟練技術者の高齢化等により、これらの領域においてもロボットを活用する気運が高まっている。しかし、これらの領域では多品種少量生産や同時並行での複雑作業の処理、対象物が不定形・柔軟といった、従来の自動化では対象としてこなかった問題への対応が課題となっており、産業システム全体を踏まえたロボットの設計・活用が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 複雑動作における厳格な安全性・信頼性
- イ. 高いユーザビリティの実現（操作性・生体親和性・生体適合性等）
- ウ. 多品種少量生産・不定形物・柔軟物・官能検査作業への対応

②高度化目標

- ア. ブレーキ機構等の安全性の向上
- イ. 破損防止等の信頼性の向上
- ウ. 機械制御等の操作性向上
- エ. 構造部材等の生体親和性・生体適合性向上
- オ. 対象物や用途に応じた最適制御の実現や採算性の向上

c. 半導体・液晶製造装置分野等に関する事項

半導体や液晶製品の性能向上には製造環境の高度な制御が不可欠である。特に、クリーンルームにおいては高い空気清浄度基準を満たすことが求められており、製造装置からの発塵を厳しく抑制することが課題となっている。また、半導体・液晶の加工は真空・高温で行われるため、苛酷な動作環境への対応が求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 製造環境の高度清浄化
- イ. 真空環境への対応
- ウ. 高温環境への対応
- エ. メンテナンスフリー

②高度化目標

- ア. 低発塵化
- イ. 真空環境下での発生熱、ベーク熱対応
- ウ. 非磁性対応
- エ. 使用部材対応（潤滑剤、機器構成樹脂等）
- オ. 耐久性の向上

d. 工作機械分野に関する事項

工作機械は、多軸化・高速化のニーズが高いほか、省エネルギー性の向上も求められている。また、環境対応及びコスト低減の観点から、工具等の機構部品の使用期間の長期化に対応する技術が課題となっている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 省エネルギー性
- イ. 高効率性・高機能性
- ウ. 加工液等への高耐性

②高度化目標

- ア. 高剛性化
- イ. 耐遠心力性の向上
- ウ. 耐久性の向上
- エ. 寿命管理技術の向上
- オ. 多軸化への対応
- カ. 切削油等への対応

e. 流通・物流分野に関する事項

我が国の流通業は、人口減少に伴う労働力不足及び需要の減少を背景に、サプライチェーンの効率化とともに付加価値の向上が求められている。このため、I o T・ビッグデータ・A Iを用いることによって、生産から消費までを含めたサプライチェーン全体を最適化することが求められており、需要面・供給面の両面から技術の高度化の実現が必要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. I o Tやロボット等の活用による流通分野の生産性向上
- イ. 物流システムの高度化

②高度化目標

- ア. 流通分野の生産性向上を実現する技術の高度化、新技術の開発
- イ. 物流・輸送技術の高度化、新技術の開発

f. 農業分野に関する事項

農業の分野においては、耕作や収穫等の農作業が農業機械にて機械化されて以降、農業機械は大規模な食糧生産に欠かせないものとなっている。しかし、農業機械はディーゼル燃料で温室効果ガスの排出量が多く、バイオ燃料・水素燃料の活用やリチウムイオン電池等を活用した電動化による環境負荷低減への取り組みが求められており、当該技術が重要である。

また大幅なコストダウンや生産力のアップに向け、農地の大規模集積化が進んでいることから、農作業の自動化・自律化が必要とされており、I o T、A I 等を活用した農業機械の自動制御技術への期待も高い。

① 川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 電動化への切り替えによる環境負荷低減
- イ. 電動農業機械の低コスト化
- ウ. 電動農業機械の長時間稼働
- エ. 農業機械の自動化・自律化

② 高度化目標

- ア. 電動駆動に関する機械制御技術の高度化
- イ. I o T、A I 等を活用した自動制御技術の高度化

2 機械制御に係る技術における高度化目標の達成に資する特定技術開発等の実施方法

当該技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を4点に集約し、以下に示す。

(1) 技術要素の高度化に対応した技術開発の方向性

- ① 静音化・低振動化・低発熱化
- ② 形状・寸法の高精度化
- ③ 歯車、工作機器、電気制御機器等の軽量化
- ④ 位置決め的高速化・高精度化
- ⑤ 部材の高強度化・高耐久性
- ⑥ 真空・高温環境耐性
- ⑦ エンドエフェクタ（ロボットハンド等）の汎用化・高機能化

(2) 管理技術の改善のための技術開発の方向性

- ① 真空・高温環境下における加工・プロセス管理
- ② 難削材加工
- ③ 切削油等の加工液に対する耐性向上

- ④加工法の多様化・最適化
- ⑤シミュレーションの精度向上
- ⑥開発及び試作の短期化
- ⑦工作機械の低コスト化、自動化
- ⑧生産設備・ラインの小型化・省スペース化
- ⑨安全性・信頼性の向上
- ⑩ソフトウェアの高度化・応用
- ⑪システム統合（インテグレーション）技術の高度化・最適化

(3) 環境配慮のための技術開発の方向性

- ①エネルギー高効率化
- ②人体への悪影響又は環境負荷の低減
- ③低発塵化

(4) I o T、A I 等を活用した技術開発の方向性

- ①センサ技術等を活用した信頼性の高いデータの取得・蓄積
- ②I o T、A I 等の活用による設備等の予知保全・遠隔保守、運用最適化、匠の技のデジタル化等を通じた機械制御に係る技術開発の効率化・生産性向上
- ③I o T、A I 等の活用による新たなサービス創出

3 機械制御に係る技術において特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型企业へと進化するためには、川上中小企業者等は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の当該技術の発展に向けて配慮すべき事項

①産学官の連携に関する事項

川下製造業者等、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。特にI o T・A I 等の活用においては、例えば、センサや情報処理等、それぞれの専門分野や技術等の強みを活かした企業間の連携が重要であり、当該技術分野を超えて、複数の技術分野を組み合わせさせた研究開発が求められる。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、熟練技術者とのペアリングによる研究管理や、I o T、A I等の活用による熟練技術者の匠の技・ノウハウのデジタル化等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。また、I o T、A I等の新たな技術の活用に求められるデータサイエンティスト等の専門技術者の確保・育成にも取り組んでいくことが必要である。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的にI o T、A I等の活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する標準物質・計量標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が保有する技術を知的財産として認識し、管理していくことが重要であり、その有効な手段である特許権取得を適切に図る必要がある。他方、特許出願すれば、その内容が公になることや、特許権の効力は出願国にしか及ばないことから、特許出願せずにノウハウとして秘匿する方が好ましい場合もあり、戦略的な対応が求められる。

川下製造業者等は、川上中小企業者等と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、川上中小企業者等が有する知的財産を尊重すべきである。

⑥サイバーセキュリティ対策・プライバシー配慮に関する事項

I o T、A I等の活用には、その前提となるサイバーセキュリティ対策や取得するデータに関するプライバシーへの配慮等について併せて検討することが重要である。

(2) 今後の当該技術に係る川上中小企業者等の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るためには、環境・エネルギー等のグローバルな社会課題への対応や、ターゲットとなる市場のニーズに応じた

製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。また、I o T、A I等のデータ利活用を前提とした製品・サービスについては、グローバルに流通することも見据えて、データに関する海外法制等にも留意した設計・開発を進めるべきである。

②取引慣行に関する事項

川上中小企業者等及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ましい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、デザイン思考（Design Thinking）を用いることで、ユーザーの潜在的な課題や期待に対して、従来の概念に囚われずに、自らの保有技術とビジネス価値を同期させるプロセスを導入し、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの開発、提供を進めていくことが重要である。特にI o T、A I等を活用した研究開発を進めるに当たっては、川下製造事業者や市場の反応を試作品等にフィードバックさせながら、技術・製品の開発を進めていくといったアジャイル型の研究開発の視点を持つことも重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画（BCP）をあらかじめ策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、川上中小企業者等は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。

⑥I o T、A I等によるデータ利活用に関する事項

I o T、A I等の活用により、川上中小企業者等が有する基盤技術の高度化を図ることが期待される一方、重要な技術情報等を狙ったサイバー攻撃は増加傾向にあり、その手口も巧妙化している。データを扱うに当たっては、「I o Tセキュリティガイドライン」等を参考にしつつ、

こうしたサイバー攻撃のリスクを認識し、自社に加え、取引先等の関係者も含めたセキュリティ対策を講じることが重要である。また、中小企業等が、他者と連携してデータを活用・共有するためには、データの利活用促進と適切な保護の観点から、「データの利用権限に関する契約ガイドライン」等を参考にしつつ、データ活用の在り方に関して十分な協議の上で公平かつ適切に取り決めを行い、契約においてデータの利用権限や保護の考え方を明確にしていくことが重要である。

(九) 複合・新機能材料に係る技術に関する事項

1 複合・新機能材料に係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

当該技術は、部素材の生成等の際し、新たな原材料の開発、特性の異なる複数の原材料の組合せ等により、強度、剛性、耐摩耗性、耐食性、軽量等の物理特性や耐熱性、電気特性、化学特性等の特性を向上する又は従来にない新しい機能を顕現する複合・新機能材料技術である。

当該技術により生成された金属材料やファインセラミックス、ガラス等の無機材料、プラスチック等の有機高分子材料、繊維材料及びそれらの複合素材等は、産業用資材、生活用品資材、衣料用資材と幅広い分野で利用されており、我が国の産業面、消費者の生活面で貢献している。近年では、川下製造業者等のニーズの多様化、消費者意識の変化により、材料の耐久性、耐摩耗性、耐疲労性、耐熱性、電気特性、耐食性等の機能性だけではなく、抗菌・消臭や人の感性に訴えかける機能やリサイクルに配慮した設計も求められる。金属材料では、加熱、冷却の熱操作、浸炭、窒化等の処理を加えることにより、材料の耐久性等の様々な特性を付与することができる。セラミックスではアルミナ、チタン酸バリウム、ジルコニア、コーゾライト等、セラミックスが本質的に持つ機能を積極的に引き出したファインセラミックスと呼ばれる新機能材料及び新構造材料が様々な産業分野において使用されている。プラスチックでは自然由来のプラスチック、生分解性ポリマーの導入に関する技術開発、添加される染料や可塑剤、難燃剤等における安全な新添加材料等の開発が求められている。繊維素材では、優れた耐久性等の価値だけでなく保湿特性、熱特性等の機能性を付した加工技術開発等が進んでおり、さらに高強度、高耐熱性等の機能を有した特殊用途向けの需要も見込まれる。

当該技術の川下製造業者等の産業分野としては、医療・福祉、輸送機器、環境・エネルギー、土木、建築、デジタル家電、衣料・日用品等幅広い分野で活用されており、川上中小企業者等にとっても広範な産業分野において部素材を提供する上で欠かせない技術となっている。

(2) 当該技術の将来の展望

昨今の国際的な需要構造の変化に伴い、川下製造業者等においても競争力強化のため、コストの安価な海外への生産移転や海外生産委託等が進みつつある。このような状況の中、今後の国際的な需要構造の変化等を踏まえ、当該技術に係る川上中小企業者等においては、コスト競

争力に優れた素材の開発を進めることに加え、高付加価値分野への転換等が望まれている。天然資源有効利用やリサイクル、環境対応技術に対する要請が高まっており、有害性が指摘されている素材と同等以上の特性を持ちつつ環境負荷がより少ない代替物質の開発や有害物質除去に資する技術がますます強く求められるようになると考えられる。また、省エネルギーを通じた地球温暖化の防止のために、従来の素材と同等以上の強度・剛性を持ちながら、軽量の複合素材への期待が高まっている。

また、I o T、A I等の活用によって、上記の課題を解決し、複合・新機能材料に係る技術の高度化やそれに関連した新たなサービスが創出される可能性がある。例えば、過去の分析データや材料データ等をA Iによって解析し、新たな材料開発に活用するマテリアル・インフォマティクスといった取組も進められており、更なる技術の高度化等の可能性を有している。川下製造事業者等の産業分野においても、例えば、産業機械や農業分野等、より一層広がっていく可能性を有しており、こうした新たな技術を活用した積極的な取組が求められる。

このようなI o T等のデータ連携基盤やA Iは経済・産業政策上、競争力の源泉となる重要な技術インフラとなっているが、こうした重要技術インフラをさらに飛躍的・非連続的に発展させる鍵となる基盤技術として量子コンピューティングをはじめとした量子技術が挙げられる。量子技術は世界的にも将来の経済・社会に大きな変革をもたらす源泉及び革新技術として位置づけられ、我が国としても取り組みを加速している状況にある。特に当該技術は、量子技術における重要な役割を果たす基盤技術の一つであり、例えば、量子コンピューティングにおける量子ビット生成や、量子暗号通信技術の高度化に資する新機能材料の高純度化・高機能化などに必要不可欠な要素である。今後、次世代のコンピューティング技術・センシング技術等が量子技術によって実現されていくことが予想されるが、そのためには当該技術による高機能・高純度な材料開発が求められるため、量子技術の発展に向け、川下製造業者等との密な連携による当該技術要素のさらなる高度化に向けた取り組みが期待される。

加えて、こうしたI o T、A I、量子技術といった革新的な技術開発による社会のデジタル化がもたらすメリットを最大化できるよう、サイバーセキュリティの確保も求められる。国際的にも、科学的基礎に基づくセキュリティ対策がより重要性を増すと考えられるところ、そのための研究開発への期待は高い。特に、当該技術の高度化が貢献でき得るセキュリティ基盤技術としては、例えば、I o T社会におけるシステムの信頼の基点となるI o T機器末端におけるセキュリティの確保に用いら

れる暗号モジュールの一つであるセキュア暗号ユニット（Secure Cryptographic Unit：SCU）に係る材料開発技術が挙げられる。また、耐量子コンピュータ暗号としての、原理的に安全性が確保される量子暗号通信実用化に資する新材料開発技術が挙げられる。こうした基盤技術の研究開発に関し、アカデミック、川下製造業者等を含めた産官学による密な連携を通じた取り組みが期待される。

（3）川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える共通の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 高機能化

快適性や安全性、環境対応等に対する川下製造業者等や消費者ニーズの多様化・高機能化に対応して、製品を構成する部素材についても強度、剛性、耐摩耗性、耐熱性等の極限環境における特性の高度化、抗菌・消臭等の新しい機能の付加、安全・安心の確保等、高機能化の観点からの課題・ニーズは多岐にわたっている。

イ. 感性価値の向上

従来の高機能性、高信頼性、合理的価格といった価値を超え、高い審美性を有する消費者の感性に働きかけるような製品・サービスに対するニーズが高まっている。消費者の感性に働きかけ、共感を得ることによって初めて顕在化する製品・サービスの感性価値は、特に川下製造業者等において中核的な付加価値として認識されており、高度化が求められている。

ウ. 環境配慮

持続可能な環境を構築する必要性が国際的にも高まっており、従来の部素材と同等以上の強度、剛性等の特性を維持しながら軽量化を実現することによる省資源、省エネルギーへの対応といった要求が高まっている。また、再生可能材料の利用促進、有害性が指摘されている素材と同等以上の特性を持ちつつ環境負荷がより少ない代替物質の開発、騒音・振動の低減等の環境負荷低減が求められている。

エ. 低コスト化

近年は、成長市場として新興国が注目を集めている。新興国市場のボリュームゾーンを開拓していく上では、日本市場や先進国市場

向けの製品とは異なる仕様の製品を低コストで供給することが求められている。

②高度化目標

ア. 高性能・高機能な材料及び複合技術の向上

部素材の生成等の際し、新たな原材料の開発、特性の異なる複数の原材料の複合、材料の純度の向上や粒度の均一化又は部素材の加工による機能化等により、高性能化・高機能化、耐久性、耐熱性、耐湿性・耐摩耗性等の基本特性の向上と新しい機能の顕現を目指す。

イ. 感性価値の向上

新しい感性に基づくデザイン・色調・コンセプトや人が使いやすい機能付与を可能とする素材を開発する。

ウ. 環境配慮

環境意識の高まりから、有害性が指摘されている素材と同等以上の特性を持ちつつ環境負荷がより少ない代替物質の開発等有害物質削減に資する技術を高度化する。また、強度、剛性等の特性を維持しながら軽量化を実現することによる省資源、省エネルギーへの対応やリサイクルしやすい部素材の開発を進める。

エ. コスト低減に向けた取組

当該技術の更なる向上により、グローバル競争に対応したコスト低減を実現する。

オ. I o T、A I 等によるデータ利活用の推進

I o T、A I 等のデータ利活用に関する急速な技術革新が進展することによって、複合・新機能材料技術に関するあらゆるプロセス等を革新し、新たなサービスが創出される可能性がある。こうした技術を積極的に活用し、上記ア. からエ. までに掲げる複合・新機能材料に係る技術の高度化目標を実現する。

カ. 量子技術を支える技術の高度化

量子コンピューティング等の量子技術を実現する周辺技術の一つとして、複合新機能材料に係る技術は必要不可欠な要素である。例えば、量子コンピューティングにおける量子ビット生成や、量子暗号通信技術の高度化に資するダイヤモンド・半導体・誘電体等の材料の高純度化・高機能化などが挙げられ、川下製造業者との密な連携による量子技術実用化に向けた複合新機能材料に係る技術を高度化する。

キ. サイバーセキュリティを支える技術の高度化

今後のデジタル社会を支えるサーバーセキュリティの確保に向けた周辺技術として、当該技術は必要不可欠な要素である。例えば、量子通信・暗号の実用化に向けた、上記カ)にて記載した量子通信の中継に係る材料や、量子暗号化に使用される熱雑音源・量子雑音乱数源を生成するための材料が挙げられる。また、IoT社会におけるIoT機器末端への物理攻撃やハードウェアトロージャンの侵入を回避するためのセキュア暗号ユニット（Secure Cryptographic Unit：SCU）等の開発にかかる材料の開発等が挙げられる。アカデミック・川下製造業者との密な連携による次世代セキュリティ技術実用化に向けた複合・新機能材料に係る技術を高度化する。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 医療・健康・介護分野に関する事項

医療・福祉の分野では高い衛生特性や医療事故防止、感染防止等の目的で高い安全性、高度な耐食性、強度、生体適合性等をもった部素材の開発が求められている。加えて、身体へ直接使用する創傷被覆材等の医療用品については生体親和性や、安全性・信頼性等の機能付加が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 医療・福祉機器における高機能性・高信頼性の実現
- イ. 生体親和性・生体適合性の向上
- ウ. 安全性・信頼性の向上

②高度化目標

- ア. 高い衛生環境を実現する高機能素材及び加工技術の向上
- イ. 耐食性、強度、生体適合性・生体親和性の高い部素材の製造技術の開発
- ウ. センサ、アクチュエータ等の電子機器やテキスタイル等を統合したスマート健康管理システムの開発

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

再生可能エネルギーを含むエネルギー関連産業では、高い強度及び硬度、耐熱性を有する部素材が多用されており、軽量化等によるエネルギー

一効率を高めるニーズが存在する。

特に近年注目されている洋上風力・燃料アンモニア・原子力・水素といった脱炭素化に向けたエネルギーについて、経済性が高くかつ環境負荷の軽減を実現する部材の開発、低温や低圧等一定条件下での部素材開発が求められる。

また、電池、LEDや有機EL等では大容量化、高効率化を可能とする材料の開発が必要とされている。さらに、蓄電池分野においては耐熱性・強度、耐薬品性に優れた素材のセパレータへの適用等、電池の耐久性を向上させるための部素材の研究開発が求められる。加えて、節電を前提としたライフスタイルの変化に対応した部素材及び加工技術も求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. エネルギー効率を高める部素材の開発

イ. 耐久性・耐熱性・耐食性・耐薬品性を兼ね備えた高強度な部素材の開発

②高度化目標

ア. 省エネルギー化や節電対応等を考慮した部素材及び加工技術の実現

イ. 耐久性・耐熱性・耐食性・遮熱性・断熱性・遮光性、遮蔽性等を有する部素材及び加工技術の向上

ウ. 電磁気的特性、熱・機械的特性、エネルギー変換効率の向上

3) 航空宇宙分野に関する事項

航空宇宙関連産業では、高い審美性を有するだけでなく、強靱性、軽量性といった高機能な加工技術が求められている。

また、炭素繊維強化プラスチック等の航空機の燃費性能を向上させ環境適合性を向上させる素材の利用促進と、同素材の耐久性の向上が求められる、同時に高い経済性も求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 構造部素材等の軽量化・高性能化・安全性・信頼性及び耐久性等の向上、高い審美性の追求

イ. 省エネルギー化

ウ. 環境配慮・高い経済性の追求

②高度化目標

ア. 構造部素材等の耐衝撃性等の高強度・高弾性率化、耐熱性・軽量化の向上

イ. 複合用高性能繊維の織編加工技術、繊維と樹脂の複合化技術等、

複合材料の成形技術の向上

- ウ. 省エネルギー化や節電対応等を考慮した部素材及び加工技術の実現
- エ. 航空機の環境適合性を向上させる素材の耐久性の向上

4) その他の川下分野に関する事項

a. 自動車等輸送機械分野に関する事項

自動車産業では消費者ニーズの多様化・高級化にこたえる技術開発とともに安全性能、快適性能、環境性能等を飛躍的に高める技術開発の重要性が高まっている。加えて、自動車産業に対して構造材を供給する事業者は、国際競争力強化のため、生産性の向上に加えて更なる高付加価値化が求められているほか、電気自動車等を中心に、バッテリー、モーターその他電子部品等のエネルギー効率の向上も求められている。また、材料軽量化を実現するため、アルミニウムとマグネシウム等複数の異種材料を組み合わせたマルチマテリアル化に向けた研究開発も進められている。加えて、環境配慮の観点から樹脂素材等のリサイクル可能な部素材を活用したマテリアルリサイクルへの関心が高まっている。

船舶産業では、上記のニーズや課題に加えて自己修復機能やセンサ埋め込み等の材料の高機能化やスマート化も求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 構造部素材等の軽量化・高性能化・安全性及び耐久性の実現、高い審美性の追求
- イ. 高効率化、高精細化
- ウ. 環境配慮の追求
- エ. 材料の多機能化による付加価値向上

②高度化目標

- ア. 構造部素材等の耐衝撃性等の高強度・高弾性率化
- イ. 耐熱性の向上
- ウ. 軽量化の向上
- エ. 複合材料の成形技術の向上
- オ. 耐酸性雨性、耐食性、耐擦り傷性、耐チップング性、意匠性の向上
- カ. 高速応答性、耐久性の向上
- キ. 耐光性、接着性の向上
- ク. 高出力、大容量化、安全性・信頼性の確保、低コスト化
- ケ. リサイクル可能な部材の開発
- コ. I o T、A I 等を活用した部素材の高機能化、スマート化の実現

b. エレクトロニクス・デジタル家電分野に関する事項

エレクトロニクス・デジタル家電に関しては高い審美性を必要とするだけでなく、高性能化、多機能化、高効率化、及び高精細化といった課題及びニーズが具体化してきている。加えて、環境配慮の観点から、再生可能な素材の活用や安価で耐久性に優れた素材への注目が集まっている。

半導体に関しては、省エネルギー化、低消費電力化、高効率化の観点から炭化ケイ素（SiC）、窒化ガリウム（GaN）、酸化ガリウム（Ga₂O₃）・ダイヤモンド（C）といった革新的素材の活用が求められる。また、今後、急増していくデータ通信量を支えるデータセンタ等のデジタルインフラの整備に向け、通信速度等のデータ通信性能を向上させるための半導体デバイス向け新素材の開発が進められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高性能化、多機能化
- イ. 高効率化、高精細化
- ウ. 耐久性向上
- エ. コスト競争力
- エ. 省エネルギー化、低消費電力化、再資源化

②高度化目標

- ア. 解像度の向上
- イ. 省エネルギー性能の向上
- ウ. 再生利用可能な部素材の開発
- エ. 耐久性の向上
- オ. 光反応性・導電性の向上
- カ. 電気・電子機器のハウジングやケーシング、電磁波遮蔽材、帯電防止材、光通信用デバイス等における性能向上
- キ. アルカリ溶解性、透明性、ドライエッチング耐性、解像性の向上
- ク. 酸化還元性、光選択吸収性、選択発光性、耐湿潤性の向上
- ケ. 光反射防止性、配向性、誘電異方性、高速応答性の向上、発光特性の向上

c. 印刷・情報記録分野に関する事項

家電分野におけるデジタル化の進展により、ホームユース、オフィスユースでは、高画質化、高堅牢化の実現を目指したプリント技術に用い

られる染料・顔料が求められている。

また、情報記録分野では、高度情報通信ネットワークの進展、映像データ等に代表される大容量コンテンツの普及に伴い、光ストレージ技術分野における光学記録媒体大容量化技術の開発が重要となっている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 高画質化、高堅牢化

イ. 光学記録媒体の大容量化、高速化、小型化、ホログラム・多重記録

②高度化目標

ア. 耐光性、耐熱性、耐水性、耐湿性、耐ガス性、溶解性、微分散性、自己分散性、粒状性、発色性、定着性の向上

イ. 感度、高屈折率、光入射角度依存性、多重記録、二光子吸収性の向上

d. 住宅・構造物・橋梁・道路・資材分野等に関する事項

複合・新機能材料の技術開発の進展により、住宅、構造物、橋梁、道路、資材等の分野への展開が期待されており、老朽化対策の他、優れた安全性、低環境負荷性、耐久性、メンテナンス性等が求められている。

住宅分野においては、環境負荷低減に向けてエネルギー効率に優れリフォームに適用しやすい建材の開発、バイオマス素材をはじめとする環境配慮型素材の開発、建物自体の小型化に伴う建材の開発が必要となる。また、スマートホーム分野等において、生地と電子デバイスの複合素材や電気的特性を有する生地（e-textile）等、ユーザーエクスペリエンスを実現する上でも上記技術が求められている。また、インフラ設備に利用される構造物については、近年深刻な課題となっている老朽化による建て替えに向けて、耐久性の向上、長寿命化を実現する部素材の開発・導入が進められている。また、環境配慮の観点からはCO₂排出が少なく、建機の運転コスト削減に寄与する新しい建材の開発が求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. メンテナンス性・安全性

イ. 省エネルギー性

ウ. 耐震性・強度

エ. 審美性・ユーザーエクスペリエンスの実現

オ. 高性能化

カ. 小型化

キ. コスト競争力

②高度化目標

ア. メンテナンス性・安全性向上

- イ. 解析技術の向上
- ウ. 省エネルギー性向上
- エ. 耐震性・強度向上
- オ. 審美性向上
- カ. 機能性向上
- キ. 環境配慮型や再生利用可能な部素材の開発

2 複合・新機能材料に係る技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

当該技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を5点に集約し、以下に示す。

(1) 高機能化に対応した技術開発の方向性

- ①構造部材等に用いられる複合材料成形技術
- ②耐衝撃性等の高強度・高弾性率化
- ③耐熱性の向上
- ④軽量化の向上
- ⑤導電特性や半導体特性、光学特性等のより多様・高度な電気特性の付与
- ⑥微細化構造による多様・高度な効果を発現する微細加工
- ⑦熱処理の高機能化
- ⑧浸炭・窒化等の当該技術の向上
- ⑨高機能物質による新規性能付与（導電性、光電変換性、選択光吸収性、選択的発光性、二色性、分散性、配向性、酸化還元性、高屈折率、二光子吸収性等）

(2) 高感性化に対応した技術開発の方向性

- ①新しい感性に基づくデザイン・コンセプトや機能付与、高い審美性の実現

(3) 環境配慮に対応した技術開発の方向性

- ①省エネルギー化等を考慮した部素材の実現
- ②生分解性、天然由来素材の利用
- ③染色プロセス等における排水浄化、有害物質削減
- ④有害な加工薬剤の代替
- ⑤高機能物質・微細加工による環境負荷低減（新規物質及び新規材料、省エネルギー型デジタル家電機器、有害化学物質の使用低減）

(4) コスト低減・短納期化に対応した技術開発の方向性

- ①低コスト化
- ②短納期化
- ③不良率低減

(5) I o T、A I 等を活用した技術開発の方向性

- ①センサ技術等を活用した信頼性の高いデータの取得・蓄積
- ②I o T、A I 等の活用による設備等の予知保全・遠隔保守、運用最適化、匠の技のデジタル化等を通じた複合・新機能材料に係る技術開発の効率化・生産性向上
- ③I o T、A I 等の活用による新たなサービス創出

3 複合・新機能材料に係る技術の特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型企业へと進化するためには、川上中小企業者等は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の当該技術の発展に向けて配慮すべき事項

①産学官の連携、外部リソースとの連携に関する事項

川下製造業者等、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。特にI o T・A I 等の活用においては、例えば、センサや情報処理等、それぞれの専門分野や技術等の強みを活かした企業間の連携が重要であり、当該技術分野を超えて、複数の技術分野を組み合わせた研究開発が求められる。

また、素材分野では、技術開発のスケールアップ段階において、その内容に適したプラント等の大型生産設備が不可欠となるケースがあり、早期の事業化を図っていく観点から、そうした設備や生産ノウハウを有する受託企業等の外部リソースと連携したオープンイノベーションを検討することが望ましい。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、熟練技術者とのペアリングによ

る研究管理や、I o T、A I等の活用による熟練技術者の匠の技・ノウハウのデジタル化等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。また、I o T、A I等の新たな技術の活用に求められるデータサイエンティスト等の専門技術者の確保・育成にも取り組んでいくことが必要である。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的にI o T、A I等の活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する国際標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が保有する技術を知的財産として認識し、管理していくことが重要であり、その有効な手段である特許権取得を適切に図る必要がある。他方、特許出願すれば、その内容が公になることや、特許権の効力は出願国にしか及ばないことから、特許出願せずにノウハウとして秘匿する方が好ましい場合もあり、戦略的な対応が求められる。

川下製造業者等は、川上中小企業者等と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、川上中小企業者等が有する知的財産を尊重すべきである。

⑥サイバーセキュリティ対策・プライバシー配慮に関する事項

I o T、A I等の活用には、その前提となるサイバーセキュリティ対策や取得するデータに関するプライバシーへの配慮等について併せて検討することが重要である。

(2) 今後の当該技術に係る川上中小企業者等の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るためには、環境・エネルギー等のグローバルな社会課題への対応や、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源

泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。また、I o T、A I等のデータ利活用を前提とした製品・サービスについては、グローバルに流通することも見据えて、データに関する海外法制等にも留意した設計・開発を進めるべきである。

②取引慣行に関する事項

川上中小企業者等及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ましい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、デザイン思考（Design Thinking）を用いることで、ユーザーの潜在的な課題や期待に対して、従来の概念に囚われずに、自らの保有技術とビジネス価値を同期させるプロセスを導入し、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの開発、提供を進めていくことが重要である。特にI o T、A I等を活用した研究開発を進めるに当たっては、川下製造事業者や市場の反応を試作品等にフィードバックさせながら、技術・製品の開発を進めていくといったアジャイル型の研究開発の視点を持つことも重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画（BCP）をあらかじめ策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、川上中小企業者等は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。

⑥I o T、A I等によるデータ利活用に関する事項

I o T、A I等の活用により、川上中小企業者等が有する基盤技術の高度化を図ることが期待される一方、重要な技術情報等を狙ったサイバー攻撃は増加傾向にあり、その手口も巧妙化している。データを扱うに当たっては、「I o Tセキュリティガイドライン」等を参考にしつ

つ、こうしたサイバー攻撃のリスクを認識し、自社に加え、取引先等の関係者も含めたセキュリティ対策を講じることが重要である。また、中小企業者等が、他者と連携してデータを活用・共有するためには、データの利活用促進と適切な保護の観点から、「データの利用権限に関する契約ガイドライン」等を参考にしつつ、データ活用の在り方に関して十分な協議の上で公平かつ適切に取り決めを行い、契約においてデータの利用権限や保護の考え方を明確にしていくことが重要である。

(十) 材料製造プロセスに係る技術に関する事項

1 材料製造プロセスに係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

当該技術は、目的物である化学素材、金属・セラミックス素材、繊維素材及びそれらの複合素材の収量効率化や品質劣化回避による素材の品質向上、環境負荷・エネルギー消費の低減等のために、反応条件の制御、不要物の分解・除去、断熱等による熱効率の向上等を達成する材料製造プロセス技術である。

このような材料製造プロセスは、原材料が持つ特性の劣化を極力抑制することで目的物である生成物の性能を向上するとともに、そのプロセスを通じて素材の強度・剛性等の特性を改善するためにも広く用いられる。特に、目的物である生成物を高効率で得ることは、コストの低減のみならず、環境負荷への低減にも大いに寄与する。そのためには、反応条件の制御、不要物の除去、断熱性能向上、リサイクル等といった課題を解決する必要がある。

当該技術は、部素材自体の機能の高度化ではなく、その生成プロセス技術の高度化により、生産性等の向上を図り、川下製造業者等に対して、低コスト化、迅速化、省資源化に配慮した部素材を供給する役割を担っている。産業面、消費者の生活面のいずれにおいても、安価かつ迅速な供給体制を構築するニーズは極めて高く、当該技術の高度化は、我が国製造業の国際競争力の基盤強化、新たな事業の創出にも不可欠である。具体的には、プラスチック、金属・セラミックス、繊維及びこれら複合素材等の焼結、破砕、混合ないし生成プロセスにおける反応条件の精密制御や触媒利用による反応活性化、主生成物・副生成物・未反応物質等を含む混合物からの目的物の分離や不要物の分解・除去、副生産物・未反応物質等の再利用・高度化利用、リサイクル等が考えられる。

当該技術の川下製造業者等の産業分野としては、ほぼ全ての分野に該当すると考えられるが、特に医療・福祉、輸送機器、環境・エネルギー、土木、建築、デジタル家電、衣料・日用品等の生活関連製品等幅広い分野で活用されている。

(2) 当該技術の将来の展望

当該技術により、高効率化、省エネルギー化、自動化、クリーン化、連続化が進むことで、コストの低減、地球温暖化の防止、省資源に大きく寄与することが期待されている。

特に、地球環境配慮の観点から、環境対応技術に対する要請が強く高

まっている。このため、生成プロセスにおける省エネルギー・環境負荷低減はもちろん、自動車、デジタル家電等の廃棄時・リサイクル時における有害物質発生の削減につながるような製品ライフサイクル全般に渡る環境配慮が求められている。

また、I o T、A I等の活用によって、材料製造プロセスに係る技術の高度化やそれに関連した新たなサービスが創出される可能性がある。例えば、様々なセンサから得られたデータをA Iを用いて解析し、自動制御をすることで、部素材の生成プロセスを迅速化・効率化させる等、更なる技術の高度化等の可能性を有している。I o T・A I等を活用した新たな技術を求める川下製造事業者等の産業分野も、より一層広がっていく可能性を有しており、こうした新たな技術を活用した積極的な取組が求められる。

このようなI o T等のデータ連携基盤やA Iは経済・産業政策上、競争力の源泉となる重要な技術インフラとなっているが、こうした重要技術インフラをさらに飛躍的・非連続的に発展させる鍵となる基盤技術として量子コンピューティングをはじめとした量子技術が挙げられる。量子技術は世界的にも将来の経済・社会に大きな変革をもたらす源泉及び革新技术として位置づけられ、我が国としても取り組みを加速している状況にある。特に当該技術は、量子技術における重要な役割を果たす基盤技術の一つであり、例えば、量子コンピューティングにおける量子ビット生成や、量子暗号通信技術の高度化に資する高純度・高機能な新機能材料の安定供給・量産化などに必要不可欠な要素である。今後、次世代のコンピューティング技術・センシング技術等が量子技術によって実現されていくことが予想されるが、そのためには当該技術による材料の高品質な製造が求められるため、量子技術の発展に向け、川下製造業者等との密な連携による当該技術要素のさらなる高度化に向けた取り組みが期待される。

加えて、こうしたI o T、A I、量子技術といった革新的な技術開発による社会のデジタル化がもたらすメリットを最大化できるよう、サイバーセキュリティの確保も求められる。国際的にも、科学的基礎に基づくセキュリティ対策がより重要性を増すと考えられるところ、そのための研究開発への期待は高い。特に、当該技術の高度化が貢献でき得るセキュリティ基盤技術としては、例えば、I o T社会におけるシステムの信頼の基点となるIoT機器末端におけるセキュリティの確保に用いられる暗号モジュールの一つであるセキュア暗号ユニット（Secure Cryptographic Unit：SCU）に係る材料の製造プロセス技術等が挙げられる。また、耐量子コンピュータ暗号としての、原理的に安全性が確保される量子暗号通信の実用

化に資する材料の安定供給・量産技術等も挙げられる。こうした基盤技術の研究開発に関し、アカデミック、川下製造業者等を含めた産官学による密な連携を通じた取り組みが期待される。

(3) 川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える共通の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 高効率化・迅速化・メンテナンス性向上の実現

川下製造業者、消費者等のニーズに対応するためにも、目的物生成の高効率化、生成の迅速化が求められている。

イ. 純度の高い目的物の獲得

当該生成プロセスにおいて、混合物の中から不要物の除去・分解等を行うことで、純度の高い目的物を獲得することが求められる。

ウ. 省資源化・省エネルギー化への対応

環境配慮への意識の高まりから、省資源化への対応といった要求が高まっている。そのためにも生成プロセスにおけるエネルギー利用量の低減、副生産物等の再利用が求められる。

エ. 環境・リサイクルへの対応

環境に対する取組が重要性を増している中、使用エネルギーの削減とともに、有害物質の削除・代替、再生可能材料の利用促進、リサイクル性への配慮、廃棄物の有効活用等への対応が求められる。

オ. 低コスト化への対応

近年、成長市場として新興国が注目を集めているが、新興国における技術も急速に向上しており、今後、強力な競争相手となることが予想されるため、品質向上のみならずコストダウンに向けた努力を行うことが求められる。

②高度化目標

ア. 高効率な製造プロセスの実現

触媒技術、分離技術、熱処理技術等を活用し、目的物を効率的に生成させる製造プロセスを実現させることで、迅速かつ低コストな供給体制の構築を実現する。また、ユーザーニーズの多様化に伴い、従来は大量生産が前提とされてきた製品分野においてもモデルチェンジがますます頻繁に行われてきており、部材の発注は多品種

少量生産を前提としたものが増加しており、今後の成長産業として注目されている航空機産業や医療機器産業においては、製品の特性上、多品種少量生産への対応が不可欠となっている。また、高効率な製造プロセスを維持する上で不可欠なメンテナンス性向上も実現する。

イ. 品質保証のための技術の向上

生成工程で用いるシミュレーション技術、検査技術、完全自動化の開発が求められている一方、不良品を生じないための生成プロセスの解析やI o T・A I等の技術を活用した精度の高いプロセス制御等により、目的物たる素材の品質向上を実現する。

ウ. 感性価値向上に資する技術の高度化

デザイン性の向上のためには、加工プロセスにおける劣化等への対応が不可欠であり、感性価値の維持・管理等の向上を実現する。

エ. 省エネルギーの実現に向けた技術の高度化

廃熱の再利用、生成工程の効率化を進め、使用エネルギー量の低減を実現する。

オ. 環境・リサイクル技術の高度化

社会的な環境配慮の意識の高まりによって、有害物質の放出を低減する技術、リサイクル原料を利用した材料とその加工技術、使用済み製品のリサイクル技術の向上を実現する。

カ. グローバル競争に対応するコスト低減

生産技術の更なる向上により、グローバル競争に対応したコスト低減を実現する。

キ. I o T、A I等によるデータ利活用の推進

I o T、A I等のデータ利活用に関する急速な技術革新が進展しつつあり、材料製造プロセス技術に関するあらゆる要素を革新し、新たなサービスが創出される可能性がある。こうした技術を積極的に活用し、上記ア. からカ. までの掲げる材料製造プロセスに係る技術の高度化目標を実現する。

ク. 量子技術に係る技術の高度化

量子コンピューティング等の量子技術を実現する周辺技術の一つとして、材料製造プロセスに係る技術は必要不可欠な要素である。例えば、量子コンピューティングにおける量子ビット生成や、量子暗号通信技術の高度化に資する高純度・高機能なダイヤモンド・半導体・誘電体や高性能な光子検出用素子等の安定供給・量産技術などが挙げられ、川下製造業者との密な連携による量子技術実用化に

向けた材料製造プロセスに係る技術を高度化する。

ケ. サイバーセキュリティを支える技術の高度化

今後のデジタル社会を支えるサーバーセキュリティの確保に向けた周辺技術として、当該技術は必要不可欠な要素である。例えば、量子通信・暗号の実用化に向けた、上記ク)にて記載した量子通信の中継に係る材料や、量子暗号化に使用される熱雑音源・量子雑音乱数源を生成するための材料が挙げられる。また、I o T社会におけるI o T機器末端への物理攻撃やハードウェアトロージャンの侵入を回避するためのセキュア暗号ユニット (Secure Cryptographic Unit : S C U) 等の開発にかかる材料に関する安定供給・量産を可能とする材料製造プロセス技術が挙げられる。アカデミック・川下製造業者との密な連携による次世代セキュリティ技術実用化に向けた材料製造プロセスに係る技術を高度化する。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 医療・健康・介護分野に関する事項

医療・福祉関連分野では高い衛生管理が必要であるため、生成プロセスのクリーン化を行うことが必要不可欠である。また、医療機器の製造においては、環境配慮の観点から他の産業と同様に希少素材の再資源化技術等に注目が集まっている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高衛生・信頼性・安全性の保証
- イ. 素材の再資源化

②高度化目標

- ア. 生成プロセスのクリーン化、一体化
- イ. 素材の再資源化プロセスの確立

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

環境・エネルギー関連産業では、循環型社会構築のために、リサイクル性、有害物質の低減等、環境への配慮も必要となる。

燃料アンモニア・原子力・太陽光・水素等脱炭素化に向けたエネルギーについては特に重要な課題となっており、省スペース、高効率で耐久性を兼ね備えた製造プロセスを実現していくことが求められる。

また、蓄電池については、環境に配慮した材料を利用し量産化可能な製造プロセスの実現が求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. エネルギーの効率化
- イ. 環境負荷の低減
- ウ. 量産技術開発

②高度化目標

- ア. プロセスの省エネルギー化・高効率化
- イ. 低VOC性、リサイクル性の向上
- ウ. 有害物質の低減
- エ. 量産製造体制の確立

3) 航空宇宙分野に関する事項

航空機や人工衛星・ロケットは、離陸発射時に大きな荷重や気温気圧の急変化に曝される等、過酷な環境のもとで使用されるため、高い信頼性、安全性が求められている。例えば、航空機は多くの人員を輸送するものであり、とりわけその要請が強く、高度な品質の保証が必要不可欠である。また、宇宙空間は過酷な環境でありながら万が一の際には人工衛星等を修理することが困難なため、これらに使用する素材・部品には特に高い信頼性が求められ、宇宙空間での使用実績が強く求められる。また、レアメタルをはじめとする航空機製造に欠かすことのできない希少資源について、少量で効率的に製造するプロセスの確立、希少資源を使わない製造方法の開発を行っていくことが必要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 信頼性・安全性
- イ. 宇宙空間における実証機会の確保
- ウ. 希少資源の有効利用

②高度化目標

- ア. 高度な品質の保証
- イ. 宇宙空間における品質の保証
- ウ. 生成の効率化

4) その他の川下分野に関する事項

a. 自動車等輸送機械分野に関する事項

自動車産業は、21世紀に入り、ますます高まる地球環境保全問題やエネルギー問題に対処し、持続可能な循環型社会の実現に対応していかなければならない。特に、水素やバイオ燃料等の燃料の多様化への対

応、ハイブリッド車や燃料電池、電気自動車等の新動力の導入や単体効率の向上、軽量化等による燃費向上、走行抵抗の低減が課題となっている。また、自動車本体の環境への負荷の低減としてのリサイクル性や環境安全性も重要なテーマである。また、限られた資源の有効活用の観点から、希少元素を用いない材料製造の方法も検討していく必要がある。

船舶産業では、上記のニーズや課題に加えて燃料製造プロセスの最適化を通じた高効率な燃料製造プロセスも必要となる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 製造・廃棄・リサイクル時における有害物質の抑制
- イ. レアアースやレアメタルを始めとする資源の効率的な利用
- ウ. 高効率な燃料の多様化への対応
- エ. 新動力の導入への対応
- オ. 短納期化

②高度化目標

- ア. 生成プロセスにおける省資源、省エネルギーの推進
- イ. 低VOC性、リサイクル性の向上
- ウ. 有害金属の低減
- エ. 生成の高効率化、高精細化

b. エレクトロニクス・デジタル家電分野に関する事項

半導体産業では、近年、半導体製造プロセスの微細化技術開発や、高集積化・高性能化を可能とする3Dパッケージ技術開発、高性能化・低消費電力化に向けた新構造・新素材の適用等に関する取り組みが進められており、これらのニーズを高いレベルで実現するために、信頼性の高い材料製造プロセス技術の確立、量産体制の確立も必要となる。

デジタル家電製品では、軽量性・頑強性・意匠性へのニーズが高まっている。デジタル家電の多くは新興国等での汎用製品の大量生産により、価格が大幅に低下している。一部の基幹部品については国内生産体制が維持されている一方、その他の製品については新興国が市場を占有している。また、近年、インク状にした導電体・半導体・絶縁体を用いて、汎用の印刷技術により電子部品や電子回路等を描画し、電子部材を製造するプリンテッド・エレクトロニクスも注目されている。さらに、低コストで高性能な次世代太陽電池の開発が必要とされている。具体的には、湿式のセルを用いる色素増感太陽電池については、集積化、薄膜化、生産要素技術の開発が課題となっている。また、固体の有機薄膜太陽電池については、性能向上、集積化、薄膜化、量産技術の開発が課題

となっている。

また、製品のIT化が進む中で、スマートロックに代表されるように、生活シーンに密接な関係にある様々な製品がIoT製品に置き換わることが見込まれている。新たな使用場面や環境の想定した、原材料の開発等が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高精細化、集積化、薄膜化、生産要素技術開発
- イ. 廃棄・リサイクル時における有害物質の抑制
- ウ. レアアースやレアメタルを始めとする資源の有効利用
- エ. フレキシブル生産
- オ. 短納期化
- カ. 量産技術開発
- キ. 信頼性の高い設計プロセス技術開発

②高度化目標

- ア. 高精細化、集積化、薄膜化
- イ. 高効率性、耐久性、耐薬性、高電導性、接着性、電気絶縁性、ガスバリア性、信頼性
- ウ. 生成プロセスにおける省資源、省エネルギーの推進
- エ. リサイクル性の向上

c. 住宅・構造物・橋梁・道路・資材分野等に関する事項

住宅分野においては、低炭素化や省資源化のニーズが高まっており、建材の生産工程の省エネルギー化、建材の輸送における脱炭素化が求められている。

また、橋梁や道路等のインフラ産業においては上記のニーズに加えて、老朽化するインフラの建て替えが急増していることを背景として、建材の耐久性向上や試験環境の構築が求められている。

さらに、環境配慮の観点から、リサイクル可能な材料の利活用や再生可能材料、CO₂から材料を生成する技術の開発等が進んでおり、今後はこれらの材料の製造コストの低減や製造プロセスの省エネルギー化、製造プロセスから生じる有害物質の抑制等が必要となる。

① 川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 耐久性向上
- イ. 省エネルギー化、再資源化、脱炭素化
- ウ. コスト競争力

② 高度化目標

- ア. 製造プロセスにおける省エネルギー化の実現
- イ. 製造プロセスにおける有害物質の抑制
- ウ. 再資源可能物質の利活用促進
- エ. 耐久性を兼ね備えた経済性の高い素材開発

d. 食品分野に関する事項

食品分野については、食の安全安心といった消費者ニーズの高まりを背景として、地産地消型の食品生成が求められる。

また、農業分野では製造プロセスの中で環境負荷を低減するためにバイオマス等の次世代素材を活用した栽培方法の確立と、その量産化が必要となる。

① 川下産業特有のニーズ

- ア. 省エネルギー化、脱炭素化
- イ. 一貫したサプライチェーンの実現

② 高度化目標

- ア. 次世代素材を用いた農作物栽培方法の確立
- イ. 地産地消型の製造プロセスの確立

2 材料製造プロセスに係る技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

当該技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を5点に集約し、以下に示す。

(1) 効率的な製造プロセス技術の向上に対応した技術開発の方向性

- ① 触媒技術等による反応場の制御
- ② 分離技術の高度化
- ③ 自動合成装置等による迅速化
- ④ 作業現場環境改善
- ⑤ 熱処理の高機能化
- ⑥ 浸炭・窒化等の当該技術の向上

(2) 省資源化・省エネルギー技術の向上に対応した技術開発の方向性

- ① 添加物の削減
- ② 短時間処理による省エネルギー化
- ③ 廃熱利用、高断熱等エネルギー利用の高効率化
- ④ 環境負荷評価

(3) リサイクル技術の向上に対応した技術開発の方向性

- ①リサイクル原料を用いた加工技術及び使用済み製品のリサイクル技術
- ②有害な機能性加工薬剤の代替及び排水・廃棄中の有害物質削減に資するプロセス技術

(4) コスト低減・短納期化に対応した技術開発の方向性

- ①低コスト化
- ②短納期化
- ③不良率低減

(5) I o T、A I 等を活用した技術開発の方向性

- ①センサ技術等を活用した信頼性の高いデータの取得・蓄積
- ②I o T、A I 等の活用による設備等の予知保全・遠隔保守、運用最適化、匠の技のデジタル化等を通じた材料製造プロセスに係る技術開発の効率化・生産性向上
- ③I o T、A I 等の活用による新たなサービス創出

3 材料製造プロセスに係る技術の特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型企业へと進化するためには、川上中小企業者等は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の当該技術の発展に向けて配慮すべき事項

①産学官の連携に関する事項

川下製造業者等、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。特にI o T・A I 等の活用においては、例えば、センサや情報処理等、それぞれの専門分野や技術等の強みを活かした企業間の連携が重要であり、当該技術分野を超えて、複数の技術分野を組み合わせた研究開発が求められる。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、熟練技術者とのペアリングによる研究管理や、I o T、A I等の活用による熟練技術者の匠の技・ノウハウのデジタル化等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。また、I o T、A I等の新たな技術の活用に求められるデータサイエンティスト等の専門技術者の確保・育成にも取り組んでいくことが必要である。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的にI o T、A I等の活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する国際標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が保有する技術を知的財産として認識し、管理していくことが重要であり、その有効な手段である特許権取得を適切に図る必要がある。他方、特許出願すれば、その内容が公になることや、特許権の効力は出願国にしか及ばないことから、特許出願せずにノウハウとして秘匿する方が好ましい場合もあり、戦略的な対応が求められる。

川下製造業者等は、川上中小企業者等と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、川上中小企業者等が有する知的財産を尊重すべきである。

⑥サイバーセキュリティ対策・プライバシー配慮に関する事項

I o T、A I等の活用には、その前提となるサイバーセキュリティ対策や取得するデータに関するプライバシーへの配慮等について併せて検討することが重要である。

(2) 今後の当該技術に係る中小企業・小規模事業者の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るためには、環境・エネルギー等のグ

グローバルな社会課題への対応や、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。また、I o T、A I等のデータ利活用を前提とした製品・サービスについては、グローバルに流通することも見据えて、データに関する海外法制等にも留意した設計・開発を進めるべきである。

②取引慣行に関する事項

川上中小企業者等及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ましい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、デザイン思考 (Design Thinking) を用いることで、ユーザーの潜在的な課題や期待に対して、従来の概念に囚われずに、自らの保有技術とビジネス価値を同期させるプロセスを導入し、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの開発、提供を進めていくことが重要である。特にI o T、A I等を活用した研究開発を進めるに当たっては、川下製造事業者や市場の反応を試作品等にフィードバックさせながら、技術・製品の開発を進めていくといったアジャイル型の研究開発の視点を持つことも重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画 (BCP) をあらかじめ策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、川上中小企業者等は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。

⑥ I o T、A I 等によるデータ利活用に関する事項

I o T、A I 等の活用により、川上中小企業者等が有する基盤技術の高度化を図ることが期待される一方、重要な技術情報等を狙ったサイバー攻撃は増加傾向にあり、その手口も巧妙化している。データを扱うに当たっては、「I o Tセキュリティガイドライン」等を参考にしつつ、こうしたサイバー攻撃のリスクを認識し、自社に加え、取引先等の関係者も含めたセキュリティ対策を講じることが重要である。また、中小企業者等が、他者と連携してデータを活用・共有するためには、データの利活用促進と適切な保護の観点から、「データの利用権限に関する契約ガイドライン」等を参考にしつつ、データ活用の在り方に関して十分な協議の上で公平かつ適切に取り決めを行い、契約においてデータの利用権限や保護の考え方を明確にしていくことが重要である。

(十一) バイオに係る技術に関する事項

1 バイオに係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

当該技術は、ヒトや微生物を含む多様な生物の持つ機能を解明・高度化することにより、医薬品や医療機器、エネルギー、食品、化学品等の製造、それらの評価・解析等の効率化及び高性能化を実現するバイオ技術である。

当該技術は、生物が有する高い特異性を生かすことによって有用物質の生産を可能にし、その利用分野は、医薬品や医療機器、再生可能エネルギー、機能性食品、化成品等多岐にわたる。

医療分野においては、天然物由来の低分子化合物にとどまらず、ヒト抗体や生理活性タンパク質を大量に製造して医薬品とする、幹細胞を培養・増殖させて治療に用いる等、新しい技術の展開が現実のものとなっている。生理作用の解析技術の進歩によって得られた知見は、健康に役立つ食品や機能性化粧品等の開発に役立てられている。

また、生物資源を用いることで、生産物の製造から廃棄・再資源化に至るライフサイクルにおけるCO₂の大気中への排出が抑えられることから、環境負荷低減を可能にする燃料、食品、化成品等の製造プロセス構築への貢献の期待が高まっている。また、その生産品はこれまでの少量高付加価値製品に留まらず、大量安価な製品にまで広がりを見せている。さらに、同技術は、未利用バイオマスの有効利用及び汚染環境の修復への活用が図られている。

生物を分子レベルで理解する技術は、急速な発展を続けている。細胞のゲノム配列、遺伝子発現、タンパク質発現、代謝物の分析、網羅的な変異株ライブラリー、形質の網羅的解析、遺伝子相互の作用解析等、分析データ及び解析データが蓄積されており、目的に応じた有用データの抽出・解析技術の構築が喫緊の課題である。このためには、情報処理技術やチップ等の小スケールの反応器の作成・計測技術の活用が不可欠である。

我が国は、醤油、味噌、酒に代表される伝統的な製法技術を通して、微生物を用いた有用物質製造プロセスの開発において、これまで世界をリードしてきた。その技術基盤の上に、最新の解析技術や情報処理技術を効率よく取り込み、これらの新しい当該技術においても、その地位を確固たるものにしようとしている。

(2) 当該技術の将来の展望

当該技術は、将来においても、広範な産業分野において重要な役割を果たしていくと考えられる。

例えば、医療分野において、細胞成分の分析方法の高性能化により、タンパク質医薬製造技術の高度化、診断技術の精度の向上、医薬品の機能性の向上等、精度の高い医療の展開が期待される。また、免疫や細胞分化等高度な生体反応の理解に基づく、幹細胞等の高機能医薬や医療機器の開発が展望される。

環境・エネルギー分野では、環境負荷低減の観点からは、CO₂排出の少ない原材料又は生成プロセスとしての生物資源の活用が進展する。特にこれまで廃棄されてきた未利用の生物資源の活用技術の向上は重要な課題である。

他にも、ゲノム情報、遺伝子・タンパク質発現情報等いわゆるオミックス情報解析技術、少量サンプルでの多項目解析技術、反応場の理解や計測技術の進展により、医療診断技術や化学品の生体反応への影響等、生物と化学の相互作用の理解が進むと考えられ、オミックス情報を元にして有用な情報を探り出すデータマイニング技術が進歩し、細胞の理解の進展とともに、有用物質製造のための細胞育種に貢献することが期待される。

さらに、有用な生物や遺伝子探索のためのリソースが拡充・整備され、生物多様性の保全と有用物質生産・産業利用のための調和をもった展開が望まれる。

我が国はものづくり技術等において世界をリードしてきたように、当該技術の分野でも高度な生産プロセスや品質管理技術を確立し、我が国らしく、高品質かつ気配りが届く製品開発を通して世界に貢献することが期待されている。

また、IoT、AI等の活用によって、バイオに係る技術の高度化やそれに関連した新たなサービスが創出される可能性がある。例えば、ディープラーニング等のAI技術を活用することで、膨大な遺伝情報の中から鍵を握る遺伝情報のみを高精度に抽出し、当該情報をベースにゲノムの設計に関する研究を推進するなど、更なる技術の高度化等の可能性を有している。川下製造事業者等の産業分野においても、より一層広がっていく可能性を有している他、中小企業・小規模事業者が市場に近い事業領域に展開していく可能性もあり、こうした新たな技術を活用した積極的な取組が求められる。

(3) 川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える共通の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 高度化・高品質化

近年、生物機能の理解が急速に進展し、当該技術の高度化・高品質化への課題・ニーズが高まってきている。具体的には、オミックス情報解析技術等により細胞の理解をより一層加速し、有用物質製造のための細胞育種を強力に推し進めるといった課題があり、その情報の高度利用を促進する装置、計測機器及び生物機能の向上を促す試薬の開発が求められている。さらに、生物素材は極めて多様な成分を含むことから、従来の精製技術を用いて高純度・高品質な生産物を得るためには複雑かつ時間のかかる精製工程が必要であるという課題がある。このため、従来技術にとらわれないより効果的かつ効率的な精製試薬及び装置の開発、品質を保証する技術の開発が求められている。さらに、測定機器や装置をバイオデータ基盤と接続することでデータが適切に収集され、そのデータを活用することで、高品質な生産へのニーズが高まっている。

イ. 環境対応

当該技術に対しては、排出CO₂削減や海洋プラスチックごみ排出削減等、環境負荷低減に資する生物資源利用の課題・ニーズは高まる一方である。また、排出される廃棄物等を飼料等の有用物質に転換するシステムの開発により循環型社会の構築へのニーズも高まっている。

ウ. 低コスト化

比較的安価な製品に対する低コスト化の課題・ニーズだけでなく、高機能かつ高価格品に対するコスト構造の改善も求められている。例えば、CO₂の排出量が低減可能とされる生物資源を原材料とする生物機能活用法については、従来の化石燃料を原材料とする製品の代替を想定し、その製造コストの差を埋める技術開発は不断に継続する必要がある。また、新興国が成長市場として注目を集める中、新興国市場のボリュームゾーンを開拓していくため、日本市場や先進国市場向けの製品とは異なる仕様の製品を低コストで供給することが求められている。

②高度化目標

ア. 高度分析技術の開発及び利用

川下製造業者等のニーズとして、ロボティクス等、先進的な技術と連携した分析・測定・実験プロセスをシステム化した機器を開発するとともに、バイオデータ基盤と接続することでデータが適切に

収できる技術を開発する。

イ. 製品の安全性の確保

医薬品や化成品等に用いられる生物資源等について、生産、流通、使用時における安全性を確保するための技術を開発する。

ウ. 排出CO₂削減等に資する生物資源の利用

環境対応へのニーズが高まっていることから、生物資源の利用及び製造における化学プロセスを生物機能によって代替する技術を開発する。また、化石資源に依存しないバイオプラスチック、生分解性プラスチックの開発を促進する。

エ. 生産性の向上

新興国等の競争が激しい比較的安価な製品だけでなく、高機能・高付加価値製品のコスト構造の改善を求められていることから、コストを低減し生産性を向上する。

オ. IoT、AI等によるデータ利活用の推進

IoT、AI等のデータ利活用に関する急速な技術革新が進展することによって、バイオ技術に関するあらゆるプロセス等を革新し、新たなサービスが創出される可能性がある。

また、測定機器とバイオデータ基盤を接続し、ビッグデータ利活用を促進する技術を開発する。

こうした技術を積極的に活用し、上記ア. からエ. までに掲げるバイオに係る技術の高度化目標を実現する。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 医療・健康・介護分野に関する事項

医薬品・診断薬産業においては、多様化する川下製造業者等のニーズに基づき生物としてのヒトの理解、疾病の理解が分子レベルで求められている。具体的には、分子レベルでの生物や疾病の理解のための情報の探索及び解析に加えて、産業目的にあった情報の有効利用を促すシステムの構築に資する、情報解析技術の改良等の課題が指摘されている。また、発症前の予防・先制医療への関心が高まっており、健康保険制度が発展途上にあり、十分に医療サービスを受けることができない国においては、セルフケア等により健康を増進させるというニーズが高まり、当該技術への期待も大きい。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. オミックス情報等の収集、解析

イ. 情報利用を促すシステム構築

- ウ. 情報解析技術の高度化
- エ. 生体試料を利用した測定・解析・開発技術
- オ. 人体における効果・評価
- カ. 日常における健康状態の測定・解析

②高度化目標

- ア. 生物としてのヒトや疾病の個体・細胞・分子レベルでの理解に資する解析技術の高度化
- イ. 多量の分析データを解析し、有用な情報を見出す技術の高度化
- ウ. 社会的ニーズの高い創薬標的分子の探索・評価技術の向上
- エ. 疾病治療に有効な生理活性物質の探索と大量生産技術の向上
- オ. 活性分子としてのタンパク質その他生体物質の高機能化
- カ. 機能・有用性・安全性の立証、関連データ取得・利活用の推進

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

近年、環境負荷低減及びエネルギー生産に対してもバイオ関連事業者に対する要望が高まっている。具体的には未利用バイオマスの有効利用を促進するとともに、汚染環境の修復に生物資源を活用することで、環境負荷の抜本的な低減を図る等の課題が指摘されている。

また、世界の廃棄物の急激な増加に伴い、堆肥化や、化学品化等高付加価値を有する物質・素材等への転換を図るバイオを活用した資源循環システムの構築へのニーズも高まっている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 未利用バイオマスの利用
- イ. 生物資源を用いた環境汚染修復・資源循環システムの構築

②高度化目標

- ア. 未利用バイオマスを利用したエネルギー・有用物質生産技術の向上
- イ. 廃棄されていた生物資源の再資源化に係る技術の確立
- ウ. 生物資源を利用した有害物質・廃棄物の濃縮・除去・無害化等の環境修復に係る技術の確立
- エ. 未利用バイオマス利用の環境負荷低減効果の確立

3) その他の川下分野に関する事項

a. 化学品製造産業分野に関する事項

化学品製造産業においては、多様化する川下製造業者等のニーズに基づき生物資源を用いた製造プロセスにおいて、製造コストの低減と原材料の大量取得方法の確立が求められている。また、産業目的にあった生物資源の有効利用を促すシステムの構築、原材料としての生物資源の改良等が課題として指摘されている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 原材料としての生物資源の大量生産
- イ. 情報利用を促すシステム構築
- ウ. 原材料としての生物資源の改良

②高度化目標

- ア. 原材料である生物資源の多様化と最適化
- イ. 製造プロセスに関わる生物資源・情報の利用方法の多様化と最適化
- ウ. 製造プロセスに関わる生物の育種・改良
- エ. 反応触媒としての酵素タンパク質の高機能化
- オ. 製品の機能や有用性、排出CO₂削減の立証

b. 食品製造業分野に関する事項

食品製造業においては、多様化する川下製造業者等のニーズに基づき機能・有用性を有する生物資源の多様化が求められている。具体的には、生物資源の探索及び確保、産業目的にあった生物資源の有効利用を促すシステムの構築、生物資源、製造・加工プロセスの改良等の課題が指摘されている。

また、多様なニーズに対応した個別化対応や気候変動に強い品種等を開発するために、スマート農業技術・システムを組み合わせたシステム構築が求められている

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 有用な生物資源の探索及び利用
- イ. 情報利用を促すシステム構築
- ウ. 生物資源、生産・加工プロセスの改良
- エ. 有用な生物資源の量産化
- オ. 多様にニーズにした個別化対応

②高度化目標

- ア. 有用な生物資源及び利用方法の多様化
- イ. 有用な生物資源の育種・改良
- ウ. 製品の機能や有用性の立証
- エ. 生産性向上
- オ. 育種ビッグデータ基盤やAIを活用した高機能化

c. 流通・物流分野に関する事項

流通業等のサプライチェーンにおいては、食品製造過程や流通段階で発生する食品残渣の活用が求められており、環境に配慮した資源循環型社会を形成する観点からも堆肥化等による食品リサイクルループの構築が重要である。また、日本産食料品の海外展開等を推進する観点から、

鮮度・品質等の維持など、長期輸送にも耐えうる品種開発や技術開発の他、食品のトレーサビリティ機能の高度化等が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 食品残渣の堆肥化、有用物質生産等の食品リサイクルループに関する技術の高度化
- イ. 国産食料品の輸出拡大のための設備・技術開発
- ウ. 鮮度・品質の維持
- エ. トレーサビリティ機能

②高度化目標

- ア. 堆肥化技術や有用物質生産技術、附随する熱エネルギー利用技術の高度化
- イ. 農産品等の品種開発
- ウ. 国際認証規格を踏まえた新たな添加剤等の開発
- エ. 温度・湿度管理、酸化防止、通気・発生ガス管理、振動防止等に関する技術の高度化
- オ. トレーサビリティ機能の高度化

2 バイオに係る技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

当該技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を5点に集約し、以下に示す。

(1) 生物資源や製造プロセス等の多様化に対応した技術開発の方向性

①生物資源の確保

遺伝子資源としてのDNA (DeoxyriboNucleic Acid) の直接分離、植物種子、菌株等の生物資源の収集及び保存

②製造プロセスの多様化

産業目的に合った製造プロセスの確立、オミックス情報を用いた高度な探索

(2) 生物生産プロセス・精製工程等の効率化・高精度化に対応した技術開発の方向性

①新規な生物生産プロセス技術の展開

大量培養装置、効率的な精製装置、分析装置、測定機器、外部不純物の混入リスクを抑制する自動化ロボティクス

②大量生産に対応できる生物生産プロセス

大量生物生産プロセス、原材料の選定と確保

③消費者心理等社会的ニーズに対応した製造プロセスの確立

遺伝子組換え、合成生物等に対する科学的根拠に基づくリスク管理と

製造施設対応

④品質管理及び保証

高品質な生物生産プロセスによる製造を実現するためのプロセス全体を含めた高度な品質管理・保証技術の確立

(3) 生物資源を用いた生産物等の有効性の科学的証明に対応した技術開発の方向性

①分子レベルでの生産物の有効性

有効成分の標的分子との相互作用に関するデータ取得、副作用の可能性

③ 地球レベル、社会レベルでの生産物の有用性

ライフサイクルアセスメントの確立（特に従来廃棄されてきた有機資源を原材料とする場合も含む。）、CO₂量の排出量算出環境影響に関する評価、生物資源を利用した有害物質の濃縮・除去・無害化等による環境修復評価

(4) 未利用バイオマス資源の高度利用に対応した技術開発の方向性

①未利用バイオマス資源産出量の推定

国内における利用可能な有機資源量、地産地消食糧との競合、廃棄生物資源の再資源化

②未利用バイオマスの生物による活用プロセスの確立

原材料バイオマスの前処理、前処理産物の生物生産プロセス最適化

③ライフサイクルアセスメントの確立

未利用バイオマスを活用した製品のライフサイクルアセスメント

(5) IOT、AI等を活用した技術開発の方向性

①センサ技術等を活用した信頼性の高いデータの取得・蓄積

②IOT、AI等の活用による設備等の予知保全・遠隔保守、運用最適化、匠の技のデジタル化等を通じたバイオに係る技術開発の効率化・生産性向上

③IOT、AI等の活用による新たなサービス創出

3 バイオに係る技術において特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型企业へと進化するためには、川上中小企業者等は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の当該技術の発展に向けて配慮すべき事項

①産学官の連携に関する事項

川下製造業者等、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化

に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。特に I o T・A I 等の活用においては、例えば、センサや情報処理など、それぞれの専門分野や技術等の強みを活かした企業間の連携が重要であり、当該技術分野を超えて、複数の技術分野を組み合わせた研究開発が求められる。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、熟練技術者とのペアリングによる研究管理や、I o T、A I 等の活用による熟練技術者の匠の技・ノウハウのデジタル化等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。また、I o T、A I 等の新たな技術の活用に求められるデータサイエンティスト等の専門技術者の確保・育成にも取り組んでいくことが必要である。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的に I o T、A I 等の活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する標準物質・計量標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が保有する技術を知的財産として認識し、管理していくことが重要であり、その有効な手段である特許権取得を適切に図る必要がある。他方、特許出願すれば、その内容が公になることや、特許権の効力は出願国にしか及ばないことから、特許出願せずにノウハウとして秘匿する方が好ましい場合もあり、戦略的な対応が求められる。

川下製造業者等は、川上中小企業者等と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、川上中小企業者等が有する知的財産を尊重すべきである。

⑥サイバーセキュリティ対策・プライバシー配慮に関する事項

I o T、A I 等の活用には、その前提となるサイバーセキュリティ対策や取得するデータに関するプライバシーへの配慮等について併せて

検討することが重要である。

(2) 今後の当該技術に係る川上中小企業者等の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るためには、環境・エネルギー等のグローバルな社会課題への対応や、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。また、I o T、A I等のデータ利活用を前提とした製品・サービスについては、グローバルに流通することも見据えて、データに関する海外法制等にも留意した設計・開発を進めるべきである。

②取引慣行に関する事項

川上中小企業者等及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ましい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、デザイン思考 (Design Thinking) を用いることで、ユーザーの潜在的な課題や期待に対して、従来の概念に囚われずに、自らの保有技術とビジネス価値を同期させるプロセスを導入し、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの開発、提供を進めていくことが重要である。特にI o T、A I等を活用した研究開発を進めるに当たっては、川下製造事業者や市場の反応を試作品等にフィードバックさせながら、技術・製品の開発を進めていくといったアジャイル型の研究開発の視点を持つことも重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について 日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画 (BCP) をあらかじめ策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、川上

中小企業者等は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。

⑥ I o T、A I 等によるデータ利活用に関する事項

I o T、A I 等の活用により、川上中小企業者等が有する基盤技術の高度化を図ることが期待される一方、重要な技術情報等を狙ったサイバー攻撃は増加傾向にあり、その手口も巧妙化している。データを扱うに当たっては、「I o Tセキュリティガイドライン」等を参考にしつつ、こうしたサイバー攻撃のリスクを認識し、自社に加え、取引先等の関係者も含めたセキュリティ対策を講じることが重要である。また、中小企業者等が、他者と連携してデータを活用・共有するためには、データの利活用促進と適切な保護の観点から、「データの利用権限に関する契約ガイドライン」等を参考にしつつ、データ活用の在り方に関して十分な協議の上で公平かつ適切に取り決めを行い、契約においてデータの利用権限や保護の考え方を明確にしていくことが重要である。

(十二) 測定計測に係る技術に関する事項

1 測定計測に係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

当該技術は、適切な測定計測や信頼性の高い検査・評価等を実現するため、ニーズに応じたデータを取得する測定計測技術である。

適切な測定計測を行うためには、計測機器等を用いて「物象の状態を正しくはかる」ことが重要であり、測定計測データの信頼性を担保するための検査・評価も必要不可欠である。

当該技術は、研究開発、製品等の製造行程や品質管理等、幅広い分野で用いられ、品質を向上させ付加価値の高い製品等を市場に提供するために利用される等、ものづくり技術を支える重要な基盤として必要不可欠な技術となっている。

他にも、X線、超音波、赤外線、核磁気共鳴等を用いて物体や人体の表面や内部構造を侵襲することなく検査する技術（非破壊検査）や固体、液体、気体、真空中等の物質を測定する技術、真空中で発生した荷電粒子等を利用して物質の表面分析する技術、さらに、測定結果を評価・分析・解析する技術等も当該技術に含まれる。

また、医療分野においては、X線検査、超音波検査、CT（Computed Tomography）やMRI等を用いた画像検査等で日常的に使用されている技術であり、当該技術の進展は我が国が推し進める医療機器開発及び医療の国際展開の進展にも繋がる。

環境分野においては、大気汚染物質、水質汚濁物質、土壌汚染物質や騒音等の環境への負荷に係る測定に利用され、特に人体に影響を及ぼす可能性がある大気汚染物質、放射線の測定は社会的にも関心が高い。

さらに、インフラ分野においても、維持管理するための根幹をなす技術としてエネルギー産業、土木・建築といった産業分野で活用されている。

(2) 当該技術の将来の展望

インフラ、各種製造業のニーズに応じて進展してきた当該技術は、社会に安心・安全を提供するために必要不可欠な技術として、新たな産業分野での活用に向けた研究開発が進められている。

環境分野では、上述のように大気、水質、土壌を出来るだけ正確に簡易に測定する技術開発への関心が高まっている。また、エネルギー分野では、資源探索、環境アセスメント、エネルギーマネジメントといったニーズへの適用が期待される。

医療・健康・介護分野では、工業分野で培われた超音波非破壊検査等を応用し、我が国の強みである低侵襲医療をより競争力のあるものへ発展させることが期待される。また、「健康寿命」といった観点から、三大疾病等の早期発見・重篤化の防止が喫緊の課題であるが、血圧や血糖値等の生体情報を簡易に計測できる技術が求められる。

インフラ分野においては、国が推し進める生活インフラ、公共インフラ、産業インフラの損傷度の把握とそのデータの蓄積・活用による、最適なタイミングでの補修によって、ライフサイクルコストを最小化する社会実現のキーテクノロジーとして注目されている。

また、あらゆる分野において、IoT、AI等の活用が進み、それによって様々な新サービスが創出される可能性がある。特に当該技術は、IoT全体の仕組みにおいて、リアルなモノからデータを取得する上で不可欠な要素であり、取得可能なデータの種類や正確性、効率性等、求められる機能、ニーズも大きい。今後、自動走行やドローン等の分野において、膨大なデータをリアルタイムで処理していくためには、センサ側又はその近い層で情報処理を行うエッジフォグコンピューティングも重要な役割となってくる。例えば、ユーザーや川下製造事業者等のニーズをタイムリーに捉え、自動制御技術等と組み合わせることで、多品種少量のセンサを迅速かつ安価に供給する（マスカスタマイゼーション）等、IoT、AI等の活用による技術の高度化等の可能性も大きく、川下製造事業者等の産業分野においても、物流や農業分野等、より一層広がっていく可能性を有している。新たな市場を獲得していく観点からも、こうした新たな技術を活用した積極的な取組が求められる。

特定計測に係る技術の高度化やそれに関連したサービスの創出に向けて、当該技術分野においても、IoT、AI等を活用した研究開発が期待される。

このようなIoT等のデータ連携基盤やAIは経済・産業政策上、競争力の源泉となる重要な技術インフラとなっているが、こうした重要な技術インフラをさらに飛躍的・非連続的に発展させる鍵となる基盤技術として量子コンピューティングをはじめとした量子技術が挙げられる。量子技術は世界的にも将来の経済・社会に大きな変革をもたらす源泉及び革新技术として位置づけられ、我が国としても取り組みを加速している状況にある。特に当該技術は、量子技術における重要な役割を果たす基盤技術の一つであり、例えば、量子コンピュータでの演算処理に必要である量子ビット（量子コンピュータで情報を扱う最小単位）の状態の観測や演算に用いられる微細な電気信号・光信号の観測などに必要不可

欠な要素である。今後、次世代のコンピューティング技術・センシング技術等が量子技術によって実現されていくことが予想されるが、そのためにはより高精度・高性能な当該技術が求められるため、量子技術の発展に向け、川下製造業者等との密な連携による当該技術要素のさらなる高度化に向けた取り組みが期待される。

加えて、こうした I o T、A I、量子技術といった革新的な技術開発による社会のデジタル化がもたらすメリットを最大化できるよう、サイバーセキュリティの確保も求められる。国際的にも、科学的基礎に基づくセキュリティ対策がより重要性を増すと考えられるところ、そのための研究開発への期待は高い。特に、当該技術の高度化が貢献でき得るセキュリティ基盤技術としては、例えば、I o T社会におけるシステムの信頼の基点となる I o T機器末端におけるセキュリティの確保に係る物理攻撃の検知やハードウェアトロージャン検知にかかるセンシング技術等が挙げられる。また、耐量子コンピュータ暗号としての、原理的に安全性が確保される量子暗号通信の実用化に関する微弱な電気信号や光信号の高度なセンシング技術等も挙げられる。こうした基盤技術の研究開発に関し、アカデミック、川下製造業者等を含めた産官学による密な連携を通じた取り組みが期待される。

(3) 川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える共通の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 高機能化

当該技術においては、感度上昇、計測データの信頼性及びデータ評価・分析・解析の高機能化は普遍的ニーズとして存在している。

また、センサ側でのこれらの処理の迅速化・リアルタイム化や、様々な環境下に活用できるセンサが求められている他、デジタル化に対応していない古い産業機械等に後付け可能なセンサのニーズも大きい。また近年の無線電力伝送技術の発達に伴い、センサ・計測機器のワイヤレス化によるサービス高度化へのニーズが高まっている。

イ. 計測機器のセンサフュージョン・W e bサービス化

情報通信技術の進展に伴いニーズも多様化し、計測機器同士をネットワークへ接続し、簡易にデータを収集するニーズが高まってお

り、複数の取得データを組み合わせ、正確なデータを導き出す技術の高度化も求められている。また、こうしたネットワーク化された計測機器と連携した各種サービスを構築していくために、Webインターフェース等を介して計測データ・センサデータを他システムと容易に連携することのできる仕組み構築へのニーズが高まっている。

ウ. 小型化

測定計測機器の小型化は普遍的なニーズとして存在するが、これに加え、持ち運びが可能な小型計測機器の開発も求められている。

エ. 安全性・信頼性の確保

食品分野等において、安全性を担保する当該技術が求められる。また、取得されるデータ信頼性の確保や測定計測機器のトレーサビリティ等も重要となってきた。

オ. 省エネルギー化・エネルギーハーベスティング

省エネルギーに対する社会的要請の高まりを受け、省電力を実現・加速させるための新たな技術・システムが求められている。省電力化とともに様々な外部環境からエネルギーを収集し、電力化するエネルギーハーベスティング技術等のニーズも大きい。

カ. 低コスト化

必要用途に応じた仕様の製品を低コストで供給することが求められている。

②高度化目標

ア. 計測機器の感度上昇

高感度計測機器等を開発する。

イ. 測定結果の信頼性向上

測定誤差の小さい計測機器等を開発する。

ウ. 評価（分析・解析）の効率性向上

計測結果をスピーディーに正確に評価・分析・解析する。

エ. 計測機器ネットワークへの接続対応

収集可能なデータの増加、情報通信技術の進展によるネットワークの高速化、大容量化、データ管理・分析技術の向上への対応を可能にする計測機器等を開発する。また、多様化するニーズへの対応に向け、計測機器を他システムと容易に連携することのできるWebインターフェース等を開発する。

オ. 省エネルギー化・エネルギーハーベスティング

省電力型の技術・システム・計測機器や、エネルギーハーベスティング技術や、ワイヤレス化に向けた光・無線給電技術等を開発する。

カ. 小型化

従来品より小型化され、また、機種によっては持ち運び可能な機器を実現する。

キ. 低コスト化

国際的な厳しいコスト競争を勝ち抜くために、生産工程の効率化等による低コスト化を実現する。

ク. I o T、A I 等を活用した製品・サービスを支える技術の高度化

I o T、A I 等を活用した製品・サービスがあらゆる分野で展開されつつある中、測定計測技術は、信頼性・品質の高いデータを取得する上で不可欠な要素であり、高度化・複雑化する多様なニーズに対応した測定計測技術を高度化する。また、I o T、A I 等のデータ利活用を推進することで、測定計測技術に関するあらゆるプロセス等を革新し、新たなサービスが創出される可能性もある。こうした技術を積極的に活用し、上記ア. からキ. までに掲げる測定計測に係る技術の高度化目標を実現する。

ケ. 量子技術を支える技術の高度化

量子コンピューティング等の量子技術を実現する周辺技術の一つとして、測定計測技術は必要不可欠な要素である。例えば、超低温環境における量子ビット状態観測技術、微細な電気信号や光信号を観測可能なセンシング技術、高感度な加速度計測技術等が挙げられ、川下製造業者との密な連携による量子技術実用化に向けた測定計測技術を高度化する。

ク. サイバーセキュリティを支える技術の高度化

今後のデジタル社会を支えるサーバーセキュリティの確保に向けた周辺技術として、測定計測技術は必要不可欠な要素である。例えば、量子通信・暗号の実用化に向けた、上記キにて記載したセンシング技術が挙げられる。また IoT 機器等の製造サプライチェーンにおけるハードウェアトロージャン混入の脅威や、I o Tシステム運用時の物理攻撃を検知するための、時間領域計測・周波数計測等の非破壊測定技術等も求められている。アカデミック・川下製造業者との密な連携による次世代セキュリティ技術実用化に向けた測定計測技術を高度化する。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 健康・医療・介護分野に関する事項

医療分野における人体の測定計測は病気やけがの治療に必要不可欠であるが、医療機器産業においては、人体への悪影響を防止するために、人体に影響の少ない技術・材料が強く求められている。また、早期発見・予防という観点からの生体情報の簡易計測や計測の精度向上、常時計測等の早期診断に関わる技術が注目されており、生活習慣病予防・治療に関わるような当該技術の応用が期待される。一方、市場の拡大にあたっては、使用者にとっての利便性が重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 生体親和性の向上及び人体にとって安心・安全な技術
- イ. 使用者の感性価値の向上
- ウ. 利便性の向上
- エ. センサネットワークソリューション（在宅健康管理システム、パーソナルヘルスケアサービス等）
- オ. 常時計測による検査・診断の早期化

②高度化目標

- ア. 放射線被ばくのない超音波等を用いた医療診断技術の高度化（MEMS技術を用いた三次元的な計測等）
- イ. 主に小型化・軽量化による装着感の向上、機能複合化
- ウ. デバイス自体の操作性の向上
- エ. スマートデバイスの連携

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

環境アセスメント、天然資源探索、エネルギーマネジメントといったニーズへの対応が求められる。近年、カーボンニュートラルへの取り組みが重点的に進められており、洋上風力・燃料アンモニア・水素・原子力・太陽光といった脱炭素エネルギーの発電設備においては特にこのニーズへの取り組みが重要である。例えば、洋上風力発電における信頼性の高い風況観測、原子力発電及び廃炉における廃棄物や汚染レベルの観測、太陽電池・蓄電池の劣化原因の環境分析・特性分析、発電自体の省エネ性能分析等といったことが課題とされ、測定技術の活用が重要と

なる。さらに、発電効率に関しては、環境観測のみならず発電設備に用いられるアセンブリ部品の品質も重要であり、アセンブリ部品を構成する一つ一つの微細な欠陥が発電効率に大きく影響を与えるため、製造工程・品質検査工程において部品の欠陥を検知するために測定技術が重要である。また、省電力・高効率化モーター等の単体部品についても、エネルギー低損失化等の測定・評価のために、測定技術の活用が重要となる。

また、近年ではより便利で快適な社会・生活の実現に向け、エネルギー産業においては無線電力伝送に向けた取り組みが活発化しており、無線電力給電技術を活用することによる、I o Tを担う各種センサ・計測機器等のワイヤレス化によるサービスの高度化・高付加価値化に向けた技術開発が期待されている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 環境アセスメント
- イ. 天然資源探索
- ウ. エネルギーマネジメント
- エ. 再生可能エネルギー信頼性向上
- オ. エネルギー発電効率の向上
- カ. 無線電力伝送への対応

②高度化目標

- ア. 環境測定・分析精度の向上
- イ. 自然エネルギー・天然資源の賦存量把握のための探査技術（メタンハイドレード資源量把握のための探査技術等）
- ウ. スマートシティにおけるエネルギー管理（クリーンルームや店舗、オフィス等の電力使用量や塵埃量を把握・管理）
- エ. 設備部品品質検査のための計測技術の高度化
- オ. エネルギー特性測定技術の高度化
- カ. I o T機器等の無線電力需給によるサービスの高度化・付加価値向上

3) 航空宇宙分野に関する事項

航空機の機体、エンジン等は使用期間が長いため、航空機の安心・安全な運航に向け、それらのMR O（Maintenance, Repair, Overhaul、整備・修理）が重要な役割を果たしている。そのため、MR Oプロセスの効率化等に向け、測定技術の活用が重要である。

① 川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. MROが必要な時期の適切な判断
- イ. MROプロセス自動化による高品質化・効率化

②高度化目標

- ア. 計測技術（表面計測・内部の非破壊計測）の高度化
- イ. 計測技術と情報処理・機械制御技術の連携によるMROプロセス自動化・効率化に向けた技術開発

4) その他の川下分野に関する事項

a. インフラ産業分野に関する事項

安心・安全への要求の高まり及びライフサイクルコストの最小化という概念の浸透により、生活インフラ、公共インフラ、産業インフラの損傷度の把握とそのデータの蓄積・活用に資する技術として当該技術へのニーズが一層高まると予想される。また、世界規模で大型インフラ設備数が今後増加していくことから、データの取得・蓄積作業を効率化するために、情報処理分野・機械制御分野と連携した新たな計測システムも求められると予想される。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 構造物の信頼性向上
- イ. 検査評価の効率化

②高度化目標

- ア. 非破壊検査技術の向上及び従事する者の技術水準の確保・向上
- イ. ドローン等を活用したワイヤレス・リモート測定評価技術の向上

b. 自動車分野に関する事項

新興国を中心とした自動車需要の拡大に伴って、車載用途の製品の需要も高まっており、さらに、安全性向上を目的に車両一台当たりの製品の搭載数も増加している。このような中、搭載数の増加に耐えうるためにも、製品の小型化・軽量化が求められている。こうした背景の中、複数部品のすり合わせにより機能が構成されるアセンブリ部品については、微小な凹凸が品質に影響するため、製造工程において、こうした欠陥を適切に検出することのできる計測技術が重要である。

他方、製品・技術のコモディティ化が進んでおり、コスト競争力の強化も重要となる。また、自動車内のワイヤレス化等のADAS

(advanced driver assistance system) やEV化に必要となる測定計測技術の高度化、自動走行の実現に向けて、例えば、周辺車両、歩行者等の動的情報の迅速かつ正確な把握や、それを認識・判断に繋げるためのエッジフォグコンピューティングや情報処理技術等との連携が重要となってくる。

さらに近年では、安全で利便性の高いデジタル交通社会の実現に向けた自動運転の社会実装に向けた動きが活発化しており、MaaS等のモビリティサービスに関わるデータや自動運転に関わるデータを分野を超えて連携させることで、新しい価値を生み出し続けていく取組等が推進されている。そのため、計測技術の高度化、計測機器のワイヤレス化、計測結果のWebサービス化等、自動車等のモビリティ関連データの収集・生成・プラットフォーム化等に関わる当該技術が求められる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 搭載数の増加に耐えうる小型化・軽量化

イ. 高機能化

ウ. コスト競争力

エ. モビリティ関連データ利活用

②高度化目標

ア. MEMS技術等の導入による小型化・軽量化

イ. 高機能センサデバイスの開発

ウ. 歩留まり率の向上

エ. ワイヤレスでの計測に係る技術の高度化

オ. 計測データ利活用（Webサービス化等）に係る技術の高度化

c. スマートホーム分野に関する事項

デジタル家電製品では、高機能化へのニーズが高まっている。デジタル家電のハイスペック化に伴い、周辺環境情報を踏まえた機能提供を実現するために、センサの高度化に加え、一台あたりの搭載数も増加している。このような中、搭載数の増加に耐えうるセンサの小型化・軽量化が求められている。他方、製品・技術のコモディティ化が進んでおり、コスト競争力の強化も重要となる。

また、製品のIoT化が進む中で、生活シーンに密接な関係にある水道管や住宅設備、住宅建材、玄関、ビル、自動ドア、電柱等、センサの幅広い活用が見込まれている。新たな使用場面や環境を想定した、量産技術の開発等が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 搭載数の増加に耐えうる小型化・軽量化
- イ. 高機能化、エネルギー効率の向上
- ウ. コスト競争力

②高度化目標

- ア. MEMS技術等の導入による小型化・軽量化
- イ. 高機能センサデバイスの開発
- ウ. 歩留まり率の向上

d. 農業分野に関する事項

我が国においては、農業の産業化が十分でない場面が存在する。広大な土地の利用が困難な状況も少なくないという実情も踏まえると、生産性を高めるべく、より付加価値の高い農産物を生産することが、我が国の農業のグローバル展開を目指すためにも重要である。そのため、センサ技術や環境制御システム、データベースの構築等による情報の蓄積・活用といったI o T、A I等の技術を活用した農業の実現が期待される。あわせて、異業種プレーヤーとの連携も通じ、栽培作業の自動化等の一次産業のみへの活用ではなく、加工・販売も含めた六次産業化を目指し生産性向上・製品の高付加価値化・環境負荷低減に向けたスマート農業関連の技術開発による新たな付加価値の創出も重要である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. I o T、A I等を活用したシステムによる農業の生産性向上
- イ. 農産物等・関連ビジネスの付加価値の向上
- ウ. 農産物等の海外展開

②高度化目標

- ア. センサ技術等の農業システム関連機器の開発や環境制御システム等の活用による農業システムの実現
- イ. 農業の高度化のために必要となる技術の確立・高度化・普及
- ウ. 農産物等の付加価値向上のために必要となる技術の確立・高度化・普及

e. 半導体分野に関する事項

半導体は、今後のデジタル社会を支える重要基盤であり、安全保障にも直結する重要な分野である。特に近年、5 G/ポスト5 G、I o T、A I等のデジタル技術基盤の発展により、これらを活用した自動走行、F A、スマートシティ等のアプリケーションシステム・デジタルユース

ケースに必要な高機能・高性能及び省エネルギー・低消費電力な先端ロジック半導体・パワー半導体等が求められており、同時にグローバル化に向けたコスト競争力も重要である。こうした要求に対し、例えば半導体の微細化に向けた製造プロセス技術開発や、高集積化を可能とする3Dパッケージ技術開発、高性能化・低消費電力化に向けた新構造・新素材の適用等に関する取り組みが進められている。そのため、当該技術においては、こうした先端半導体の技術開発推進に向け、ナノテクノロジー等を活用した高度な表面計測・非破壊計測・特性検査といった技術の高度化が重要である。また、半導体高性能化に向けた評価技術の向上や、製造工程の適切な管理による製造工程の効率化、安定的な供給及び製造品質の確保に資する技術開発も求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 半導体の超小型化・高密度化
- イ. 次世代材料を活用した半導体性能向上
- ウ. コスト競争力

②高度化目標

- ア. 計測分解能の向上に向けた技術開発
- イ. 次世代材料の特性測定技術の開発
- ウ. 歩留まり率向上
- エ. 測定技術・情報処理・機械制御の連携による組立てプロセスの効率化・自動化に向けた技術開発

ウ. 農産物等の付加価値向上のために必要となる技術の確立・高度化・普及

2 測定計測に係る技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

当該技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を4点に集約し、以下に示す。

(1) 機能向上に対応した技術開発の方向性

- ①MEMS技術等の導入
- ②収集可能なデータの増加
- ③情報通信技術の進展によるネットワークの高速化
- ④大容量化
- ⑤データ管理・分析技術の向上

(2) 環境配慮に対応した技術開発の方向性

- ① 自立電源機能
- ② 超低消費電力機能

(3) 管理技術に対応した技術開発の方向性

- ① 大量生産に対応できるプロセス
- ② 歩留まり率の向上
- ③ 試験体・評価対象の整備

(4) I o T、A I 等を活用した製品・サービスの高度化等に向けた技術開発の方向性

- ① 上記(1)から(3)までを踏まえたI o T、A I 等を支える測定計測技術の高度化
- ② I o T、A I 等を活用した技術開発
 - a) センサ技術等を活用した信頼性の高いデータの取得・蓄積
 - b) I o T、A I 等の活用による設備等の予知保全・遠隔保守、運用最適化、匠の技のデジタル化等を通じた測定計測に係る技術開発の効率化・生産性向上
 - c) I o T、A I 等の活用による新たなサービス創出

3 測定計測に係る技術において特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型企业へと進化するためには、川上中小企業者等は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の当該技術の発展に向けて配慮すべき事項

① 産学官の連携に関する事項

川下製造業者等、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。特にI o T・A I 等の活用においては、例えば、センサや情報処理等、それぞれの専門分野や技術等の強みを活かした企業間の連携が重要であり、当該技術分野を超えて、複数の技術分野を組み合わせた研究開発が求め

られる。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、熟練技術者とのペアリングによる研究管理や、I o T、A I等の活用による熟練技術者の匠の技・ノウハウのデジタル化等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。また、I o T、A I等の新たな技術の活用に求められるデータサイエンティスト等の専門技術者の確保・育成にも取り組んでいくことが必要である。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的にI o T、A I等の活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する標準物質・計量標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が保有する技術を知的財産として認識し、管理していくことが重要であり、その有効な手段である特許権取得を適切に図る必要がある。他方、特許出願すれば、その内容が公になることや、特許権の効力は出願国にしか及ばないことから、特許出願せずにノウハウとして秘匿の方が好ましい場合もあり、戦略的な対応が求められる。

川下製造業者等は、川上中小企業者等と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、川上中小企業者等が有する知的財産を尊重すべきである。

⑥サイバーセキュリティ対策・プライバシー配慮に関する事項

I o T、A I等の活用には、その前提となるサイバーセキュリティ対策や取得するデータに関するプライバシーへの配慮等について併せて検討することが重要である。

(2) 今後の当該技術に係る川上中小企業者等の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るためには、環境・エネルギー等のグローバルな社会課題への対応や、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。また、I o T、A I等のデータ利活用を前提とした製品・サービスについては、グローバルに流通することも見据えて、データに関する海外法制等にも留意した設計・開発を進めるべきである。

②取引慣行に関する事項

川上中小企業者等及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ましい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、デザイン思考（Design Thinking）を用いることで、ユーザーの潜在的な課題や期待に対して、従来の概念に囚われずに、自らの保有技術とビジネス価値を同期させるプロセスを導入し、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの開発、提供を進めていくことが重要である。特にI o T、A I等を活用した研究開発を進めるに当たっては、川下製造事業者や市場の反応を試作品等にフィードバックさせながら、技術・製品の開発を進めていくといったアジャイル型の研究開発の視点を持つことも重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画（BCP）をあらかじめ策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、川上中小企業者等は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び

活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。

⑥ I o T、A I 等によるデータ利活用に関する事項

I o T、A I 等の活用により、川上中小企業者等が有する基盤技術の高度化を図ることが期待される一方、重要な技術情報等を狙ったサイバー攻撃は増加傾向にあり、その手口も巧妙化している。データを扱うに当たっては、「I o Tセキュリティガイドライン」等を参考にしつつ、こうしたサイバー攻撃のリスクを認識し、自社に加え、取引先等の関係者も含めたセキュリティ対策を講じることが重要である。また、中小企業者等が、他者と連携してデータを活用・共有するためには、データの利活用促進と適切な保護の観点から、「データの利用権限に関する契約ガイドライン」等を参考にしつつ、データ活用の在り方に関して十分な協議の上で公平かつ適切に取り決めを行い、契約においてデータの利用権限や保護の考え方を明確にしていくことが重要である。

三 先端技術を活用した高度なサービス開発に関する事項

1 先端技術を活用した高度なサービス開発の必要性とその考え方

第四次産業革命の進展に伴い、IoT、AI、ブロックチェーン等の先端技術を実装した高度なサービスを提供することが可能となっており、既に一部では、データやこうした先端技術を駆使し、急速に成長する企業が現れている。こうした企業は、ソフトウェアやインターネットの技術革新を最大限に活用したデジタル前提の発想により、事業を世界規模まで拡大させるとともに、データの活用に基づく顧客との価値共創を通じて継続的に新たな価値を社会に提供し続けている。

様々なデジタル技術等の先端技術を活用した産業は、ソフトウェアやインターネットの特性により、加速度的にグローバルに拡大可能であるといった性質を持っている。したがって、今後こうした産業が進展すれば、企業は市場との対話の中においてこれまで以上に迅速かつ柔軟に変化することが必要となると予期される。こうした変化の中、企業は、1社で対応するのではなく、業界横断的な連携により、多様な価値を結びつけた新サービスを創出することが必要になってくるものと考えられる。

また、第四次産業革命の社会実装の局面では、精緻なものづくりとデータの融合を進め、強みとすることも重要となる。特に、特定分野での高い市場シェアを活かし、製品を通じて集まるビッグデータを共有知化すれば、当該分野でのデータ蓄積で他社を圧倒し得る。特定分野での高い市場シェアや、精緻なものづくりに関する良質なデータを活かし、他国に先んじて新たなニーズに対応した価値提供型のビジネスモデルを確立することを目指していくことが必要になる。

企業がラン・ザ・ビジネス¹からバリューアップ²へ軸足を移し、アジャイル型の開発等によって、前述のような事業環境の変化への即応を追求すると、その結果形成されたネットワークを通じて、業界や、資本の大小、中央・地方の別なく、さまざまな企業が価値創出に参画することができる未来が実現されていくものと考えられる。

2 先端技術を活用した高度なサービス開発に当たっての戦略・方策

(1) 先端技術活用によるサービスの開発に向けた基本的考え方（総論）

先端技術を活用した高度なサービス開発を行うに際しては、大きく以下の5つのポイントを意識して進めることが重要である。

① 社内の意識改革

我が国の企業の多くは、その必要性を認識しながらも、様々なデジタル技術に代表される先端技術の活用に踏み切れていない状況にある。

¹ 現行ビジネスの運用・維持費用

² 戦略的な投資

また、必要性を認識する人間も経営層や社員の一部にとどまっている状況にあることが多い。

よって、新たなサービス開発に取り組む際には、企業全体で自社の事業やサービスが抱える問題やその改善の機会を探索し、自社の問題を明確化した上で、単なる課題解決に取り組むだけではなく、従来型の技術のみならず先端技術を活用することによってより高度なサービス開発に繋がる可能性を模索することが重要となる。こうしたプロセスを通じて、先端技術活用による新たなサービスモデル開発の必要性及びビジョンを共有することができ、社内の意識改革が図られるものと考えられる。

② 組織の改革、推進体制の構築

先端技術を導入して行うような高度なサービス開発においては、その過程において、ビジネスモデルや組織、企業文化の変革を伴う場合が多い。

こうした変革を達成するためには、初期段階では組織内に専門部署を設ける等の組織改革を行うことが重要であり、その後事業が拡大し、全社的な取組になるほどに経営層等の上層部が自ら主導することが重要となる。専門部署の設置に際しては、経営層等の上層部が直接関与可能な体制を構築するほか、専門部署が企業全体に横断的に関与できるだけの権限委譲も必要とされる。

③ 実施を阻害する制度・慣習の改革

先端技術の導入および活用を阻害するものとして、法令に定められた規制・制度や業界横断的な慣習の存在が考えられる。法令や業界横断的な慣習の改善について企業独自で取組むことは困難³であるが、社内制度や慣習に対しては、業務効率化および従業員の負担軽減を含め、上層部が中心となり迅速な対応を行うことが必要である。

変革可能な制度・慣習例として、特に中小企業においては業務をデジタルで完結できない手続き（書面・対面・押印等）や、リモート勤務が禁止されている就業規則等が挙げられる。

④ 必要な人材の育成・確保

我が国では先端技術の活用が可能な人材を内部で育成するという意識が中心にある⁴一方、昨今は先端技術に関する知識だけでなくビジネスに関する知識や開発ノウハウ等求められる能力が高度化しており、必

³ 規制改革については、グレーゾーン解消制度及び新事業特例制度、プロジェクト型「規制のサンドボックス」、新事業特例制度（経済産業省）を活用することも考えられる。

⁴ DX 白書 2021（独立行政法人情報処理推進機構）第2部より

要とされる能力を全て兼ね備えた人材を内部で育成することは、現実的に困難であると考えられる。

したがって、他国と同様に外部からの人材登用等を活用しながら取組を進める「オープン志向」が重要である。加えて、高度な先端技術の活用が可能な人材が育つような環境作りも必要となっており、大学・専門学校等の外部教育機関を活用し、社会人がより高度な知識を獲得する「リカレント教育」も有効な手法の一つである。

⑤ 先端技術の導入・活用によるビジネスモデルの変革

市場がグローバル化する中、国内外を問わず出現するディスラプターに対抗し、より革新的なサービスを提供していくためには、先端技術を導入・活用することで新たな付加価値をサービスに付与する取組が必要である。

また、先行きが不透明かつ将来予測が困難な VUCA⁵時代においては、消費者ニーズの移り変わりはこれまでより早く、激しいものとなっている。企業は、こうした変化に柔軟かつ迅速に対応する必要があるが、これまでのような長期的な戦略を立てて実行していく方法では、こうした変化に追いつくことは困難であり、仮に追いついたとしても即座にトレンドが変化してしまう可能性が高い。

よって、先端技術の活用により高度なサービス開発を行う際には、非常に迅速な環境変化に対応することを常に意識したうえで取組むことが重要である。これらを踏まえたうえで、実現に向けたサービス開発に向けたプロセスと開発手法について、具体的な手法を以下に示す。

まず、サービスの開発にあたっては、市場のニーズを素早く捉え、開発規模等を含め企画を立案することが必要となる。このフェーズでは、ユーザーの視点に立ち、課題の本質と需要を発見する手法であるデザイン思考⁶が参考となる。

次に、いち早く市場に投入できるよう、速やかに開発を進めていくことが必要となる。このフェーズでは、社会的ニーズ等の外部環境へ対応しつつ、要求が決まらない、変更される、漏れが発生する等の内部における阻害要因が発生しないよう、開発工程を機能単位の小さいサイクルで複数回繰り返すアジャイル開発が有効な手段となる。

そして、サービスを市場に投入した後も、素早く改善を加えてリリースしていくことも重要である。品質を担保しつつ素早く・高頻度にリリースを行うことで新たな市場ニーズに気付く可能性がある。したがっ

⁵ 「Volatility：変動性」「Uncertainty：不確実性」「Complexity：複雑性」「Ambiguity：曖昧性」の頭文字からなる

⁶ 課題の発見から企画・デザインまでデザイナー的な思考プロセスを取り入れてプロダクトやサービスの検討に適用すること

て、このフェーズでは、開発と運用担当者が緊密に協力・連携し、開発を迅速に進行する DevOps という考え方が参考になる。

(2) 先端技術活用によるサービス開発の類型

次に、高度なサービス開発を行う場合の主な類型を提示する。

① 新ビジネス創出における課題志向型

自社事業の中で把握した課題の解決のために先端技術を導入し、事業の高度化を実現する類型。先端技術を活用して従来事業を高度化し、新ビジネス・サービスの開発を実施し、それらサービスを通じて社会への新たな価値提供を行う。

本類型の成功要因およびポイントは、徹底的な課題洗い出しにある。自社課題・顧客課題等の各立ち位置別の課題を整理した上で、ニーズに対応可能な利便性向上策の組込みを行うことが有効である。また、既存事業との差別化を図ることも重要な視点である。

② 新ビジネス創出における技術志向型

自社とは異なる業界の課題を把握し、それを解決できるソリューションパッケージを提案し、当該業界のビジネスを変革する類型。先端技術を活用して、従来事業とは独立した新ビジネス・サービスを開発し、社会への新たな価値提供を行う。

本類型の成功要因およびポイントとしては、自社技術やノウハウが活用可能な既存事業外の課題への着目および情報収集を行うとともに、他業界への参入という観点においてハードルとなる、テストや試運用において協力可能な外部機関の探索とそれら機関との連携が挙げられる。効果的な連携体制の構築により、開発から運用のサイクルを迅速に繰り返し行うことが出来ることに加え、他業界におけるサービス開発であっても上市までの時間を短縮することが可能となる。

③ 共通プラットフォーム型

業界の協調領域におけるプラットフォームを提供する類型。一定の領域や業界ごとの課題解決を担う共通プラットフォームを開発し、サービスとして提供する。

本類型の成功要因およびポイントとしては、既存事業外を含む特定業界における共通課題への着目や、サービス提供後も顧客の意見を収集し、業界や商流ごとの変化する課題やニーズに迅速に対応していくことが挙げられる。

④ 先端技術活用支援型

コンサルティングを行う立場から、他社の先端技術の活用をアシストする類型。単なるコンサルティングのみならず、顧客の業務効率化・ビジネス変革の準備に向けて、特定の自社ソリューションを提供しつつ伴走支援を行う。

本類型の成功要因およびポイントとしては、他社が先端技術を活用する上での「足腰」を支援するという立場から、単なる受託に留まらず、高度なサービス開発に向けた他社の良きパートナーとなり、自ら積極的に伴走支援の中で顧客課題を捉えるように努める等、その後の新たなサービス開発についても見据えて取り組んでいくことが挙げられる。

(3) 主な先端技術とその概要

最後に、高度なサービス開発を実現するための主な先端技術を例示する。

① AI

人間の知的ふるまいの一部をソフトウェアを用いて人工的に再現したものであり、データ等をインプットすることで全自動化または半自動化を実現する。AIは、狭義の機械学習とディープラーニングに分類され、識別・予測・実行の3つの機能に大別される。狭義の機械学習においては、分析にあたり注目すべき要素（以下「特徴量」という。）は人間が抽出しなければならないが、昨今では、特徴量間の関係の記述はコンピュータが行うようになり、コンピュータの性能向上や利用可能なデータの増加もあいまって実用性が高まっている。ディープラーニングにおいては、学習用のサンプルデータを与えれば特徴量の抽出までもコンピュータが行うことが可能である。近年、ビッグデータの活用の進展を背景に認知度が高まり、その適用領域が拡大している。また、膨大なコンピューターリソースを必要とすることからクラウドサービスの拡大や、機械学習機能を提供するオープンソースソフトウェア（OSS）や商用サービスの登場も普及を加速させている。

例えば、AIを活用した発達障がい児用検査・療育サービスの開発と事業化といったユースケースが挙げられる。

② IoT

あらゆるモノがインターネットに接続することで、モノから得られるデータの収集・分析等の処理や活用を実現することを指す。

従来インターネットに接続されていなかった様々なモノ（住宅・建物、車、家電製品、電子機器等）が、インターネットを通じてサーバやクラウドサービスに接続され、相互に情報交換をする技術で

ある。製造業や物流、医療・健康から農業に至るまで様々な分野で、状況を正確に把握することで効率が向上し、データの分析を通じて新たな価値を生むことに繋がり、特に、消費者の身の回りで毎日使用するようなモノは、気象等の状況に連動して自動的に最適な環境を提供するようなサービスとして再定義されることが期待されている。通信技術の発展により、I o Tの利用拡大が見込まれており、「高速・大容量・低遅延・同時多数接続が可能な5G（第5世代移動通信システム）」により、リアルタイム性が求められる自動運転や遠隔医療等の分野での取組の拡大が、「省電力・長距離の無線通信が可能なLPWA」により、I o Tデバイスの長寿命化による更なる普及が、それぞれ見込まれている。

例えば、位置情報を活用した車両の動態管理（道路交通法の遵守状況見える化）サービスの開発といったユースケースが挙げられる。

③ ロボット

物理的な躯体を持つ知能化した機械システムであり、センサ、知能・制御系、駆動系の3つの要素技術を有する。ものづくりの現場における最終製品や、それら最終製品の製作を可能にする機器・部材の開発を可能にする。また、製造分野はもとより、サービス分野をはじめとした価値創造が可能なあらゆる分野での利用に関わる中心技術である。今後、クラウド化の進展に伴うネットワークの充実や多種多様な機器等へのセンサの設置により、膨大なデジタル情報が収集・分析できるI o T社会が本格的に到来することによって、外部と必要な情報のやり取りを行うことが可能になれば、個別のロボット自体が固有のセンサや駆動系を持たなくとも、知能・制御系のみによって、社会の多様な場面で、多様なロボット機能が提供できるようになる可能性がある。

従来のロボットの活用は主として製造分野等における生産性向上が目的であったが、近年、ロボットを介して、社会とのつながりを創出する新たな取組が生まれつつある。

例えば、高所点検ロボットによる道路附帯設備の点検支援サービスの事業化といったユースケースや、距離や身体的問題によって行きたいところに行けない利用者の社会的交流を実現するといったユースケースが挙げられる。

④ ブロックチェーン

情報通信ネットワーク上にある端末同士を直接接続して、暗号技術を用いて取引記録を分散的に処理・記録する技術であり、金融分野を中心に活用が期待されている。

P2P ネットワーク⁷を介して、ブロックチェーンデータを共有し、中央管理者を必要とせずにシステムを維持することができる。従来の集中管理型のシステムと比べて、改ざんが極めて困難であり、実質ゼロ・ダウンタイムなシステムを、安価に構築できるという特性がある。一方で、今なお発展途上の技術であるため、長期的な運用時の安全性の担保、新ブロックの生成速度の向上、標準的な各性能要件・仕様の確立、法制度の整備、エネルギー消費の増大等の課題も存在する。ブロックチェーンは、金融分野における暗号資産のための技術に留まらず、非金融分野においても、権利証明行為の非中央集権化、オープン・高効率・高信頼なサプライチェーン、遊休資産ゼロ・高効率シェアリング等を実現できる可能性があることから、社会変革の可能性が期待されている。

例えば、AI とブロックチェーンを活用したフリー人材のマッチングや信用補完システムの開発といったユースケースが挙げられる。

⑤ XR

次世代画像処理技術であり、現実世界と仮想世界を融合することで、現実にはないものを知覚することを可能にする技術であり、VR/AR/MRからなる。VRは「Virtual Reality」の略称であり、仮想世界を現実のように体験できる技術のことを指す。CGや360度カメラによって作成された全方位の映像を、専用のヘッドマウントディスプレイを装着して体験することが可能である。ARは「Augmented Reality」の略称であり、現実世界に仮想世界を重ね合わせて体験できる技術ことを指す。VRと違い現実世界の映像があり、その上に仮想世界の情報が重ねられる。MRは「Mixed Reality」の略称であり、現実世界と仮想世界を融合させる技術のことを指す。ARは現実世界に仮想世界の情報を表示させて現実を「拡張」するのに対し、MRでは現実世界と仮想世界をより密接に「複合」していく。

例えば、MR技術を活用した建設現場の状況把握システムの開発といったユースケースが挙げられる。

⑥ ビッグデータ基盤

⁷ ネットワーク上で機器間が接続・通信する方式の一つで、機能に違いのない端末同士が対等な関係で直に接続し、互いの持つデータや機能を利用しあう方式

大量のデータの収集、蓄積、保存、管理、分析、共有のための一連の技術基盤であり、競争力の源泉となるデータの利活用を促進するためのものである。ビッグデータを収集するための手段がI o T、ビッグデータを分析・活用するための手段がA Iであり、いずれの技術も相互連関的に進展している。

ビッグデータに基づく「可視化」の結果、新規ビジネスの創出、科学的知見の発見、リスク回避等を実現できる。これまでは、「構造化されたデータ」が新たな科学的知見の発見やビジネスの創出に利用されてきたが、今後は、多種で大規模だが形式が整っていない「非構造化データ」がリアルタイムに蓄積され、I o Tの進展も相まってネットワークを通じて相互につながり、指数関数的に成長する演算能力を用いて分析されることで、社会システムを大きく変えていくことが期待される。また、データの流通について法整備がなされ、法的取扱いの予見可能性が高まった⁸ことで、データ利活用の更なる促進が見込まれる。

例えば、小売のPOS ビッグデータの管理・分析のシステム開発及び同システムを活用した企業のマーケティングやプロモーション支援といったユースケースが挙げられる。

なお、これら先端技術の活用には、サイバーセキュリティ対策や取得するデータに関するプライバシーへの配慮等について併せて検討することが重要である。「Society5.0」では、データの流通・活用を含む、より柔軟で動的なサプライチェーンを構成することが可能となる一方で、サイバー攻撃の起点の拡散、フィジカル空間への影響の増大という新たなリスクが想定される。こうした課題への適切な対応に向け、社内外のセキュリティ専門家との協働や、サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワーク（CPSF）⁹等を踏まえた対応が求められている。

⁸ 改正個人情報保護法（H27）では、個人情報を特定の個人を識別できないように加工した情報を匿名加工情報と新たに定義し、個人情報の適正な流通のための環境が整備されている。

⁹ サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることにより実現される

「Society5.0」、様々なつながりによって新たな付加価値を創出する「Connected Industries」における新たなサプライチェーン（バリュークリエーションプロセス）全体のサイバーセキュリティ確保を目的として、産業に求められるセキュリティ対策の全体像を整理したもの。

<https://www.meti.go.jp/press/2019/04/20190418002/20190418002.html>

四 高付加価値企業への成長・変革に関する事項

1 高付加価値企業への変革の必要性とその考え方

我が国の中小企業は、グローバル化等に伴う顧客（川下企業）からの値下げ圧力、さらには高齢化・人口減少等の構造変化に直面する一方、足元では、残業規制や同一労働同一賃金といった「働き方改革」をはじめ、最低賃金の継続的な引上げや被用者保険の適用拡大等、相次ぐ制度変更への対応が必要となっている。企業は事業活動により生み出した「付加価値」を基に、人件費等の諸費用を賄い、利益を得ているが、大企業に比べて、中規模企業及び小規模企業では、労働分配率¹⁰が長年にわたって既に高止まりしている。

これまで以上に労働者への分配に対する意識が高まる中、成長と分配の好循環の実現には、付加価値拡大から賃金引上げへの好循環を加速させる必要があり、起点となる企業が生み出す付加価値自体を増大させていくことが必要である。そのためには、特定の顧客に過度に依存すること等から脱却することが急務である。一般に、特定の顧客のみを相手に取引を行う場合、販売価格の値付けについて自由度が損なわれ、十分な収益を上げることが難しくなる。単一の顧客との取引関係のみにとどまるのではなく、自社の価値を評価してくれる複数の顧客に商品・サービスを提供することを通じて、価格設定の自由度が生まれてくる。

実際に中小企業の中には、高付加価値企業へ変革した企業が存在している。このような企業は、優れたコンセプト・イメージや価値のアイデアを持っているにも関わらず、実物に落とし込むことが出来ていない顧客に対して、「実現する価値」での議論・コンサルティング、および高い技術の訴求により、新たな取引を開始し、多様な取引先ポートフォリオを実現している。この結果として、新しく生まれるコンセプト・イメージをモノとして実現できる企業となり、適正な評価獲得や、高い利益率の確保に繋げることが出来ている。以上のように、「実現する価値」の提案によるイノベーションを実現することで、個別企業として高収益化を果たし、また業界全体においても収益を取り合う関係性ではなく、十分な利益が分配される産業構造、さらには市場の拡大に繋げることが期待できる。

2 高付加価値企業への変革に当たっての戦略・方策

高付加価値企業への変革に向けた具体的な方策を考えるにあたっては、まず、自社の存在意義の整理に基づく戦略策定が重要となる。また、その上で、顧客ニーズを捕捉するための様々な取組みの実施が必要となると考えられる。

自社の存在意義の整理に基づく戦略策定に向けては、デザイン経営¹¹の考え方に基づき、会社の人格形成、価値の創造、企業文化の醸成等といった取組みを行うことが有益である。具体的には社史の棚卸や顧客となる川下企業へのア

¹⁰ 企業が生み出した付加価値額のうち、どれだけ労働者に分配されているかを表す指標

¹¹ デザインの力をブランドの構築やイノベーションの創出に活用する経営手法。デザイン思考の考え方で、企業経営全体について捉える手法。

ンケート等から、自社の自社が歩んできた歴史や創業者の想いを言語化し、10年後、20年後、30年後のなりたい姿や社会の姿を思い描く。その上で、顧客を観察し、そこで得た知見を取り込み、製品やサービスについて、プロトタイプの試作と改善のプロセスを繰り返す。そして社内外関係者の気持ちを動かすため、どんな行動をとって欲しいか、誰を巻き込み、共感してもらいたいかが明確化するという取組みが求められる。

自社の存在意義の整理に基づく戦略策定を受け、次に、高付加価値企業への変革に向けて各企業が取り得る経営変革のためのアプローチについては、大きく3つに整理される。

一つ目は、社会課題に着目して、その解決に向けて自社の技術を応用しようとするアプローチである。社会の大きな動き（行政・政策の掲げる課題）、社会トレンドを捉えて、既存商材そのものではなく、その開発技術等を活用し、既存商材と関係性の薄弱な飛び地領域において、イノベーションの実現を目指すものである。この中で、まず取り組むべき具体策としては、各自治体等の行政団体や商工会議所等の民間団体で進めているSDGs達成等に向けた施策への着目が挙げられる。

二つ目は、提供価値の深堀による、特定業界への新規参入に向けたアプローチである。既存商材の提供価値を棚卸、深堀、再定義することで強みを明確化し、その強みを生かせる、特定業界への新規参入仮説を立て、技術強化を行い、イノベーションの実現を目指すものである。この中で、まず取り組むべき具体策としては、自社が参入を目指す特定の業界の潜在顧客へのアプローチ機会の探索（特定業界の商談会・展示会等への参加、それらによる個別企業へのアプローチ）が挙げられる。

三つ目は、磨き上げた要素技術による複数市場への参入とその学びを活かした新技術開発のアプローチである。磨き上げた要素技術に基づき、様々な市場にアプローチをかける中で新たなニーズを発見し、イノベーションの実現を目指すものである。この中で、まず取り組むべき具体的施策としては、様々な産業領域についてのアプローチ機会の探索（一般の商談会・展示会等への参加、それらによる個別企業へのアプローチ）が挙げられる。

また三つに共通する取組みとして、顧客への価値の提案に向けた組織・人員体制の整備も重要である。顧客から相談を受けた場合に、提案型の技術開発を行うためには、大学・公設試等の外部研究機関との連携や、社内における技術者の準備が重要となる。この実現のために、社内・社外から適切な人員を集約し、研究開発部門を新設することも有効である。

3 グローバル企業への成長に向けた考え方

最後に、これらの取組みにより高付加価値企業への変革を果たした先には、グローバル企業への成長も視野に入れる事が可能になるであろう。実際に、日本を代表する上場会社においても、かつては中小企業であったものの、高い技

術力で顧客ニーズを満たし、ニッチ領域を極める中でグローバルな大企業になった事例も見受けられる。このようなさらなる企業成長を見据えた場合、企業の成長ステージに合わせる形で、デット、エクイティ、補助金等、自己資金等の各方策について、メリット（利息の有無等）・デメリット（経営戦略・運営への影響等）に鑑みた、資本政策の策定も重要となる。