

(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によって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、IoT、AI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、AI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。IoT・AI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IoT、AI、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、IoT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）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し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精密化、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・I o T、A I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. 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、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. までに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。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、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 : 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没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增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、電気的損失）
- 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C F R P (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、3 D 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（C F R P 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、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IoT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IoT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業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

IoT、AI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、IoT、AI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、製造委託等代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた製造委託等に係る中小受託事業者に対する代金の支払の遅延等の防止に関する法律や、取引対価の決定や製造委託等代金の支払い方法等について、委託事業者と中小受託事業者のるべき基準を示した、受託中小企

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、ユーザーと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。