

## (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、振動抑制したり、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など、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など、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・軽量化など、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など、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、潤滑油やグリースなど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など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など、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など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. 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

## 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

## 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、高温や大トルクなどの過酷な環境下で、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。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など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。

### 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

### 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

## 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うるため、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、民生部品の活用などによる低コスト化技術の必要性が高まっている。

### ①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 軽量化・高強度化

イ. 信頼性の確保

ウ. 低コスト化

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

4) その他の分野に関する事項

a. 自動車分野に関する事項

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。

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

②高度化目標

ア. 軽量化

イ. 新素材の加工対応

b. ロボット分野に関する事項

夜間自動見回りロボットなど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などが身近になるなど、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など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

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 T や 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 T や 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。