

(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るためには、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

の裏面埋没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、大別して生体外部表面用と生体内部用がある。生体外部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作業員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度実装

(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必要がある。

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、危機処の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。