

MEMS分野

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems : 微小電気機械システム) とは、電気回路 (制御部) と微細な機械構造 (駆動部) を一つの基板上に集積させた部品 (デバイス) のことであり、我が国の強みである半導体製造技術やレーザー加工技術等の微細加工技術に代表されるナノテクノロジーや各種材料技術等を駆使して製造される。MEMS は情報通信、医療・バイオ、自動車、ロボット、航空・宇宙、福祉など多様な分野における小型・高精度で省エネルギー性に優れた高性能のキーデバイスとして期待されている。このため、基幹部品の高付加価値化による我が国製造業の国際競争力の強化のみならず、新しい価値を生み出す革新的なMEMSの開発を通して新産業の創出を支える観点からも重要な技術分野である。

以上の点から、今後20年程度を見据えて、日本のMEMS産業の国際競争力維持・強化及び革新的なMEMSデバイスの創出に必要とされる、高機能化、小型化、低コスト化、異分野融合等のMEMS製造技術を俯瞰し、要素技術を抽出するとともに、今後の技術の発展をロードマップとして描いた。

MEMS分野の技術戦略マップ

．導入シナリオ

(1) MEMS分野の目標と将来実現する社会像

既に実用化されている単機能MEMSについては、自動車用センサやインクジェットプリンタヘッド等の分野で日本企業も健闘しているが、通信やプロジェクタ等に使われる光MEMSや、今後の実用化が期待されるバイオMEMSの分野では欧米諸国が一部先行している。我が国製造業の国際競争力を確保するためには、製造業の基盤を支えるキーテクノロジーの1つとなるMEMSの製造技術を一層高度化する必要がある。

一方、MEMS産業の裾野を拡大し、多様な分野において多様な主体がMEMS製品の開発・実用化に取り組むことが同分野の基盤強化のために重要である。特に、製造設備を有する大手企業のみならず、MEMSを活用した製品アイデアを有する異業種のベンチャー企業等が容易にMEMS開発に取り組める環境を整備することが必要である。

以上の点から、IT技術、各種異分野技術等の先端的要素技術との融合を促進することによりMEMSの製造技術の一層の高度化をはかること、MEMSデバイスの開発・実用化を促進するための環境整備を通してMEMS産業の裾野拡大をはかり、人間生活の質の向上を実現するとともに、我が国経済社会の基盤である製造業の競争力の維持・強化を図ることを目的とする。これにより、後述するような環境・エネルギー分野、医療・福祉分野、安全・安心分野を実現する革新的なMEMS製品群を生み出すプロセス技術を開発する。



10年後のMEMS製品の具体的イメージ

(参考)

【光MEMS】

MEMS技術を用いることにより、光通信網で用いられる小型、高性能の光スイッチが実現し、従来の光電変換型のスイッチに比べ、省スペース、省エネルギー、低コスト化の効果が得られる。これにより、通信速度の向上とともに災害時のバイパス回路の冗長度が増すなど高度情報通信社会の一層の高速化、信頼性向上に貢献することが期待される。さらに、AO (Adaptive Optics) やイメージング装置等の光の計測の高分解能・高機能およびマイクロ波フォトニック分野での応用が期待される。このような光MEMSの実現には、立体構造上へのパターン形成技術、機能性材料の開発とその厚膜形成技術、制御用素子との集積化技術などが重要と考えられる。

【RF-MEMS】

携帯電話等のモバイル機器に用いられている高周波部品の多くがMEMS部品に置き換わることにより、低消費電力、低コストでの数十GHzの通信帯域が利用可能になり、有線LAN並みの情報伝達能力が実現される。また同時に高周波部品の一体化製造が可能となり、携帯電話の省電力、省スペース化、高機能化が図られる。このようなRF-MEMSの実現には、機能性材料の開発とその厚膜形成技術とナノ材料局所形成技術などが重要と考えられる。

【センサMEMS】

自動車のエアバッグ作動スイッチとして既に用いられている加速度センサ等のMEMSが、より小型化、低コスト化、高機能化することで、現状では高級車にしか採用されていないようなセンサ(各種姿勢制御用センサ、赤外線センサアレイ、障害物探知用のレーザーレーダ等)を小型の一般車に採用することができ、交通のより一層の快適性、安全性の向上に資する。また、携帯電話をはじめとする通信分野、アミューズメント分野、セキュリティ分野、宇宙分野等幅広い分野で小型・高機能センサが使用される。このようなセンサMEMSの実現には、MEMS・半導体共存構造の成形技術とMEMS・半導体共存の接合・組立技術などが重要と考えられる。

【バイオMEMS】

携帯可能な安価で小型の生体成分検査キット・バイオセンサを用いたウェアラブルMEMSデバイスが開発され、病院外(在宅や屋外)での診断や予防医療が広く行われるようになる。携帯電話やインターネットに接続した情報端末との組み合わせによりその効果は更に大きくなる。各種バイオMEMSの実現には、化学的・バイオ的表面修飾技術とナノインプリンティング技術、MEMSをプラットフォームとした細胞・生体高分子の研究用デバイスおよび細胞・組織両方を対象とする再生医療用プラットフォームの実用化が重要と考えられる。この実現には、分子・細胞と融合

した計測方法技術およびMEMS構造の構築やマニピレーション技術等と生体適合性材料の技術が重要と考える。

上記に加え、それぞれのMEMSが他のMEMSやCMOS-LSIなどの半導体回路と一体集積化され、一層の小型・高機能化、及びトータルとしてのコストパフォーマンスの向上が図られることにより、自動車分野での用途拡大や情報・通信分野、医療・福祉分野、食品分野でのコンシューマ用途への展開などを主として、広範囲なアプリケーションの拡大が予想される。

20年後のMEMS製品の具体的なイメージ (参考)

MEMSはトップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロ・ナノ統合製造技術の確立により、その応用範囲を急速に広げ国家・社会的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」、「安全・安心」分野で新しいライフスタイルを創出する革新的キーデバイスとして広く浸透している。

環境・エネルギー分野

【エネルギー・ハーベスティングデバイス】

光・熱・振動・生体物質等周辺環境からエネルギーを吸収し、蓄電する小型デバイスが、マイクロ加工とナノ・バイオ融合によるエネルギー変換効率の向上と、実効表面積の向上の両立によって実現する。このデバイスは未利用エネルギーを有効に利用できる優れた環境性を有するが、さらに省電力・高効率化が進んだ各種センサ、アクチュエータと組み合わせられ、大きな波及効果を生む。例えば、ワイヤレスセンサネットワークを構築する際に、本デバイスを各ノードに組み込むことで、電池交換等のメンテナンスフリーとなり、社会全体に広がり快適・安全・安心な社会が実現される。また、体内埋込機器のエネルギー自給が可能となり、健康・医療分野でのQOL(生活の質)革新に寄与する。このデバイスの実現には、3次元ナノ構造形成技術と、新規の有機機能材料、バイオ材料に加え、それら材料とナノ構造表面との界面制御技術が必要となる。また、実用化に際し、十分な電力供給を可能とするためcmオーダーの面積が必要となるが、ナノ構造を広い面積全体に実現していく大面積化もポイントとなる。

【オンサイト環境浄化デバイス】

大気、及び水質の浄化は人口の急速な増加が現実のものとなる21世紀半ばにおける世界規模の課題である。大気浄化に関しては自動車、湯沸かし器、メタノール使用小型燃料電池などから排出される二酸化炭素、窒素酸化物、硫黄酸化物などの大気汚染物質を、発生源に極めて近い場所、すなわちオンサイトで固定し、大気中への排出を防ぐ小型デバイスが実現される。一方水質浄化は水の有効利用ニーズの高まりに対応し、使用後の上水を浄化した中水を利用する小型オンサイト水浄化シス

テムが一般家庭に普及する。これらデバイス、システムはマイクロ加工と、ナノ構造製作技術、微生物を利用するナノ・バイオ融合、により実現する。これらの汚染物質は、いったん排出されれば極めて低濃度となり回収が不可能となる。しかし、高濃度である排出源近傍において高効率に汚染物質を固定することができる本デバイスは、大きな優位性を有する。例えば二酸化炭素においては、これまで排出量のほぼ半数を占めておりながら、回収が全く不可能であった分散排出源からの二酸化炭素を回収することで、地球温暖化防止に対し極めて大きな貢献となる。このデバイスの実現には、汚染物質を分離するフィルタ製作のためのナノ構造製作技術、汚染物質を吸収・固定するナノ構造をもつ新規材料及びその加工技術、また有害物質固定を実現する微生物や生体物質をナノ構造表面上で機能させるためのナノ・バイオ界面制御技術が重要となる。実用化に際しては、汚染物質排出量に応じ、cmオーダーにまで大面積化する技術、およびパッケージング技術がポイントとなる

【超高感度環境物質検出デバイス】

極微量の環境物質を、高感度に、かつオンサイトで検出する小型デバイスが実現される。金属ナノ構造による表面電場増強の利用、自己組織単分子膜(SAM)の選択的成膜などによる表面機能付加による検体の選択的吸着、マススペクトロメータやTHz分光分析装置のような高性能であるが大型、高価な装置をダウンサイズしてコモディティ化するような技術開発により実現する。本デバイスは特にマイクロ加工により小型化された流路、反応チャンバなどの化学分析システムと組み合わせることによりオンサイト計測が可能となり大きな波及効果をもつ。例えばセンサネットワークのセンサとして機能し、各地の環境汚染物質をリアルタイムで高感度に検出することで、安全・安心な社会へとつながる。実用化に際しては、再現性が高く、また使い捨てが可能な安価な製作プロセスの開発が不可欠である。

医療・福祉分野

【超小型体内留置デバイス】

体内局所に長期間留置可能な超小型デバイスが実現される。腹腔や皮下、消化器管内・血管内などに滞在し長期間の物理センシングおよび生体成分センシングを可能にする。一定の場所に位置する他、受動的な移動、自ら能動的に移動することでがんなどの病変部を高い確率で発見し、必要に応じて病変部を治療することもできる。このため早期発見率、治癒率が向上する。バッテリーにより電氣的に駆動されるデバイスの他、高周波給電によるワイヤレス駆動や、電源を必要としない原理の超小型型デバイスも考えられる。例えば微粒子型デバイスとして体外からのX線や超音波、磁気などの働きかけによって周囲の環境によって造影状態が変化する造影剤のように機能し、デバイス周辺の血糖値や温度、圧力などの情報を24時間モニタリングできる。血液循環において肝臓の門脈などに小型のデバイスを長期間滞在させることが可能であり、糖尿病患者の血糖管理などに役立つ。これらの体内留置

デバイスの実現には、異種材料により構成される3次元構造形成と、長期間の体内留置を可能とするナノ界面制御技術が不可欠である。

【生体機械ハイブリッドデバイス】

生体分子や細胞などが融合したハイブリッドなデバイスが実現される。生体材料や機能的な高分子材料を用いることで生体情報や環境情報を、従来のセンサに比べ、高速・高感度にセンシングすることができる。これらは、生体に馴染む材料や機構から成り立っているため、生体と機械とのインタフェース（BMI（Brain Machine Interface）など）の強力なツールとなる。たとえば、生体分子として膜タンパク質などが活性を維持したまま人工膜上に再構成され、匂いセンサや味センサなどの超高感度化学量センサとして機能する。また、フレキシブル基板上に神経細胞が3次元培養され、これらを脳表面に当てることで、神経細胞が脳内に軸索を伸ばし、所望の細胞とシナプス結合できるようになる。人工デバイスで制御可能な細胞を通じて、フレキシブル基板から電気・化学的な信号を計測したり、刺激が行なえるようなインタフェースが実現する。これらのデバイスの実現には、生体材料の活性を維持したまま組み込むナノ界面制御技術が必要となる。

【シート型健康管理デバイス】

体表面に湿布のように貼り付けることによって、健康を管理するウェアラブルデバイスが実現される。フレキシブルな多層構造の中に無数のセンサやアクチュエータが分布し、貼った部分の組織表層ばかりでなく内部の情報をセンシングし、裏面ディスプレイに可視化表示したり、貼った部分からのセンシングに基づいた、きめ細かい体内への投薬操作や傷口の治癒促進など簡単な作用を施すことができる。このようなウェアラブルデバイスは携帯電話やインターネットに接続した情報端末との組み合わせにより情報の集積分析、リアルタイムな診断が可能となりその効果は更に大きくなる。たとえば画像診断においては、シート表面に薄型超音波センサアレイが集積化され裏面には平面フレキシブルディスプレイがあるデバイスでは、取得した超音波エコー画像を素人でも2次元の面積で観察できる。侵襲なく貼り付けることができるため、健常者でも血流や心臓の様子などを判断でき、健康管理に利用できる。また、手術時に医師が容易に体内を観察できるツールにもなる。このようなデバイスの実現には、伸縮性のある配線やデバイス技術、面積集積化技術が重要となる。

安全・安心分野

【ユビキタスセンサネットワーク用多機能センサデバイス】

多数で多様なセンサが分散配置され、センサ同士がアドホックネットワークを形成して、ネットワークを通じて様々な状況や情報の入手が可能となり、防犯・セキュリティ、環境リスクへの対応、農産物のトレーサビリティの向上が図れ、安全・安心な社会を実現するユビキタスセンサネットワークを構成する多機能センサデバ

イスが実現される。さらに、効率的に広域を観測するために、センサネットワークを拡大し、宇宙空間からの災害監視や地球観測が可能な革新的なセンサデバイスが実現される。これらデバイスの実現には、高アスペクト比・高密度3次元ナノ構造を低損傷かつ十分なスループットで製造する技術、必要とされる部位に選択的にナノ材料を自己組織化させる技術、3次元ナノ構造表面を局所的に修飾する技術、3次元構造表面に均一にナノ構造を転写形成する技術等が必要となる。

【雰囲気伝送・再生デバイス】

人と人とのコミュニケーションをよりやさしく容易にする未来デバイスが実現される。例えば人間の五感のうち、20世紀よりすでに実用化されている聴覚、視覚伝送デバイスに加え、臨場感の元になるにおいや触覚のセンシングと伝送を可能とするデバイスが出現する。本デバイスは化学物質や触感などを検知するセンサと、再生のためのアクチュエータを基礎部品とし、それらを携帯端末に実装した「集積化タイプ」と、壁紙並みに薄くて軽量大面積シート中にちりばめられた「壁紙タイプ」として実装され、視覚や聴覚素子と組み合わせて超臨場感を手軽に、いつでも、どこでも得ることができるようになる。

【壁紙型アンビエントインテリジェンスデバイス】

壁紙のように軽量かつ大面積を覆うシートエレクトロニクスデバイスが、視覚、聴覚、触覚、嗅覚などの雰囲気伝送に重要な役割を果たすとともに、安全・安心・豊かな生活に貢献する。たとえば、シール状のデバイスを張り合わせるだけで作製可能なインタラクティブ掲示板により、見る人に合わせた情報をリアルタイムで提供するとともに、ネットワーク検索機能や翻訳機能により人と人とのコミュニケーションをより自然に行う手助けをしてくれる。また、壁紙デバイスが環境の異常を検知し、携帯端末と連動して安全・安心な暮らしをサポートする。

このようなデバイスの実現には、大面積シートの加工技術や機能素子のシートへの埋め込み技術、量販店で購入した部品をシール貼りの要領で重ねるだけで配線が自動的に形成される自己組織的配線技術、その場で柔軟に状況認識を行うことのできる集積回路システム技術、などが必要となる。

【万能携帯】

壁紙型デバイスと連携して、視覚、聴覚、触覚、嗅覚などの雰囲気伝送に重要な役割を果たすとともに、安全・安心・豊かな生活に貢献する。顔と名前の一致しない人の記憶を呼び覚ましてくれたり、翻訳機能により言葉や習慣の違う人々の交流を容易にしたりと、人と人とのコミュニケーションをより自然に行う手助けをしてくれる。また、携帯端末に実装可能に小型化されたレーダー、環境センシングデバイス、ヘルスケアデバイスがすべて「万能携帯」に実装されることにより、暴漢・自動車などの接近、危険な化学物質濃度の上昇などの危険な状態を避けることを可能にし、急病や急な事故などを自動的に検知し救助を求めることができるようにす

る。これらにより、安全・安心・豊かな生活に貢献する。デバイスの実現のためには、マスペクトロメータやTHz分光分析装置のような、高性能であるが大型、高価な装置をダウンサイズしてコモディティ化するための技術開発、特に深掘り3次元構造と、3次元構造上への成膜技術、その場で柔軟に状況認識を行うことのできる集積回路システム技術、などが必要となる。

(2) 研究開発の取り組み

研究開発の推進については、MEMSの一層の高度化に資する技術開発が重要である。例えば、高集積化・複合化・ナノ機能付加を図るとともに、次世代キーデバイスを生み出すための革新的デバイス基盤技術を確立するため、産学官連携のもと、従来異分野とされてきたバイオテクノロジー等との融合を図りながら研究開発を促進することが必要である。

このため、MEMSの一層の高度化に資する技術開発（高集積・複合化・ナノ機能付加技術、革新的デバイス基盤技術、等）を実施する。

(3) 関連施策の取り組み

MEMS技術・製品を世界市場に広く普及するために技術戦略マップに基づくMEMS標準化戦略の策定、国際規格案の開発、提案、推進等の標準化活動に継続的に取り組むことが重要である。

MEMSの一層の実用化促進を図るため、他産業の企業や製造設備を有していない企業でも容易にMEMSビジネスに参入できるように、MEMS用設計・解析支援システムを開発した。その成果を活用しつつ、実習を中心とした人材育成及び試作環境の充実、製造拠点（ファンドリー）強化などMEMS産業全体の競争力の維持・強化を図ることが重要である。

これらの取り組みは、MEMSの新たな製造技術開発の進捗に合わせていち早く実行することが重要である。

〔導入補助・支援〕

- ・研究開発施策の成果を活用したMEMS用設計解析ソフト（MemsONE Ver. 1.0）の商用展開や、MEMSファンドリーサービス（MEMS設計・試作・製造の受託サービス）のネットワーク展開が図られている。

〔国際標準化〕

- ・IEC/TC47（半導体デバイス）において、MEMS構成材料の試験方法、加工プロセスの評価法、基盤共通複合分野の試験法等が検討されている。

〔知的基盤整備〕

- ・研究開発プロジェクトにおいて、研究開発の成果をMEMS知識情報データベースとして整備する取り組みが進展している。

例1) 高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクト（事業期間：2006年度～2008年度）では、成果として得た知識データの収集・整理を実施している。

例2) 異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト(2008年度より実施予定)では、開発によって得られる新たな知見について、系統的に収集・蓄積してデータベース化することが研究開発計画に位置付けられている。

〔広報・啓発〕

- ・世界最大規模のMEMS等に関する国際展示会である、マイクロマシン/MEMS展の開催を支援。

〔人材育成〕

- ・産学連携製造中核人材育成事業(経済産業省委託事業)において、以下の人材育成が実施されている。

例)「MEMS人材育成実証講座」、「次世代産業基盤技術となるMEMS関連産業人材育成システム」や「マイクロ・ナノ量産技術と応用デバイス製造に関する新事業開拓イノベーション人材育成」などのプロジェクトを通してMEMS開発の中核をなす人材の育成が試みられている。

〔産学官連携〕

- ・産学官の連携の下、MEMS技術の研究開発プロジェクトが推進されている。

(4) 海外での取り組み

- ・海外での大学等のMEMS関連研究開発機関の代表例として以下が挙げられる。

欧州

ドイツ： フラウンフォーファー研究所 (Fraunhofer-Gesellschaft) IZM、IMS、IIS、IPMS

フランス： 原子力序電子情報技術研究所 (Leti、Laboratoire d'Electronique de Technologie de l'Information)

国立科学研究センター (CNRS、Centre de la National Recherche Scientifique)

スイス： ニューシャテル大学マイクロ・テクノロジー研究所

CSEM (Swiss Center for Electronics and Microtechnology, Inc.)

スイス連邦工科大学 (EPFL、Ecole Polytechnique Federal de Lausanne: Federal Institute of Technology)

ベルギー： IMEC (Interuniversity MicroElectronics Center)

フィンランド： 技術開発研究センター (VTI、Technical Research Centre)

北米

米国： カリフォルニア大学BSAC (Berkeley Sensor and Actuator Center)

スタンフォード大学CIS (Center for Integrated Systems)

ミシガン大学集積化ワイヤレスマイクロシステム研究センター (WIMS、Center for Wireless Integrated Microsystems)

マサチューセッツ工科大学MEMS@MIT

ジョージア工科大学 C M M T (Center for MEMS and Microsystems Technologies)

サンディア国立研究所 (S N L、Sandia National Laboratories)

アジア

シンガポール： I M E (Institute of Microelectronics)

シンガポール製造技術研究所 (SIMTech、Singapore Institute of Manufacturing Technology)

台湾： I T R I (Industrial Technology Research Institute)

中国： 清華大学

北京大学

上海交通大学

上海マイクロシステム・情報技術研究所 (S I M I T、Shanghai Institute of Microsystem and Information Technology)

韓国： 韓国科学技術院 (K A I S T、Korea Advanced Institute of Science and Technology)

KIMM (Korea Institute of Machinery and Materials)

- ・ MEMS 関連の欧州、米国、中国における国家レベルのプロジェクトの状況は以下の通りである。

欧州

欧州の大規模プロジェクトである「FP7 (EU 第7次研究枠組み計画)」は2007年にスタート、2013年までの7年間に8兆5,000億円を投じて広範囲の研究開発を進める。

この中でマイクロ・ナノデバイス関連テーマである「ナノサイエンス・ナノテク・材料・新生産手法」には3,960億円が投じられる。テーマのキーワードは「コンバージェンス (融合)」であり、さまざまな機能を1つのデバイスに集約することを目的としている。

米国

DARPA (国防総省高等研究計画局) が「Nano-MEMS Program」プロジェクトを推進。2006～2009年に128億円を投じる。ハイリスクハイリターンである74テーマを推進している。バイオを含む多様な機能とLSIなどとの融合を進める研究テーマが多数ある。

中国

中国では2005～2010年の6年間で45億円を投じ、MEMS / NEMS (Nano Electro Mechanical Systems : ナノ電気機械システム) 関連研究を加速させる。これは年間10億円弱の規模となる。

(5) 改訂のポイント

- 現在の経済産業省の研究開発とその関連施策を示す研究開発プログラム基本計画の内容を反映させた。
- 将来、幅広い分野で用いられる次世代MEMSデバイスの製造プロセスの鍵となると考えられる異分野を融合した技術について改訂を行った。
- MEMS分野に新規参入する障壁を下げるために必要不可欠な人材育成に関する施策について追加した。

・技術マップ

(1) 技術マップ

MEMSは、小型で省エネルギー性に優れた高性能の部品を作ることが出来るため、通信、自動車等の既存の産業分野における部品の小型化・高機能化・省エネルギー化のための代替部品やバイオ分野における部品の小型化による新規部品としてのニーズが高まると見込まれている。

また、MEMSは、トップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロ・ナノ統合製造技術の確立により、その応用範囲を急速に広げ国家・社会的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」、「安全・安心」分野で新しいライフスタイルを創出する革新的キーデバイスとして広く浸透すると予測される。(上記の参考：10年後および20年後のMEMS製品の具体的イメージ)

このようなニーズに対応するためには、MEMS製品の高機能化(高速スイッチング、小型化等)及びMEMS製造プロセスにおける低コスト化と、設計・解析技術等の基盤技術の確立が喫緊の課題であり、技術マップにおいて、技術課題をエッチング技術、成膜技術、成形技術、形成技術、異種融合技術、プロセス連続化・大面積化技術、前・後処理技術、実装技術、検査・評価技術、設計・解析技術、製造システム技術等に大別した上で、それぞれについて詳細に示した。個々の技術の「出口」については、MEMS製品が非常に広範囲に応用されうるものであることを踏まえ、主として想定される応用分野を技術ごとに示した。

(2) 重要技術の考え方

上記、を踏まえれば、

MEMSの高機能化、または低コスト化に大きく貢献する技術

MEMS全般に広く貢献する基盤技術

が重要技術の評価の視点として挙げられる。

また、2025年までを考えると、その技術が中期的な視点で重要なものか、長期的な視点で重要なものかを評価しておくことが必要である。そこでこれらの視点から技術を評価し、色分けして示した。

(3) 改訂のポイント

- 中・長期的な視点での重要技術について、見直しを行った。
- 革新的なMEMSデバイスの製造に必要なバイオテクノロジー等との異分野融合技術、大面積製造技術等を重要視した製造技術について改訂を行った。
- 非真空での薄膜成形技術やナノ・有機材料融合技術の重要性の観点から見直しを行い、要素技術として非真空薄膜成形技術(0202)、ナノ・有機材料融合技術関連の要素技術群(0504~0506)を追加した。また、プロセス連続化・大面積化技術に関する要素技術群についても同様に非真空プロセスによる成膜技術という観点から、各要素技術群(0601~0610)を再整理し、高品位ナノ機能膜形成技術(0601)、繊維状基材関連のプロセス技術(0604, 0606)について追加した。

・技術ロードマップ

(1) 技術ロードマップ

技術マップに示した重要技術課題ごとに、研究開発により達成されるべきスペックを示した。

(2) 改訂のポイント

- 前項に示した技術マップで追加された各要素技術(0202, 0504~0506, 0601, 0604, 0606)に関して、新たにロードマップ化を行った。
- 各要素技術のスペックについて、詳細に見直しを行った。
- 以下の要素技術に関して、指標を追加あるいは変更した。
ウエハレベル均一エッチング技術(0105)、ナノプローブ・エッチング加工技術(0114)、3次元形状表面上成膜技術(0205)、ナノ材料ビルドアップ技術(0403)、細胞の組織化技術(0406)、化学的・バイオ的表面修飾技術(0407)、金属・有機半導体の界面制御技術(0411)、ナノ領域におけるトライボロジー評価技術(0522)、マイクロ・ナノ印刷技術(0602)、高品位機能膜のメーター級大面積形成技術(0603)、メーター級大面積アラインメント技術(0605)。(3)で記載した技術マップの新分野の策定とあわせて、技術ロードマップの改訂を行った。

・その他の改訂ポイント

ベンチマーキングの策定

- 我が国のMEMS分野の競争力比較について、特許、論文発表の動向について、2006年のデータを含めた。【MEMS分野の国際競争ポジション】

MEMS分野の導入シナリオ(1/3)

(~2000) 2000 2005 2010 2015 2025



MEMS分野の導入シナリオ(2/3)

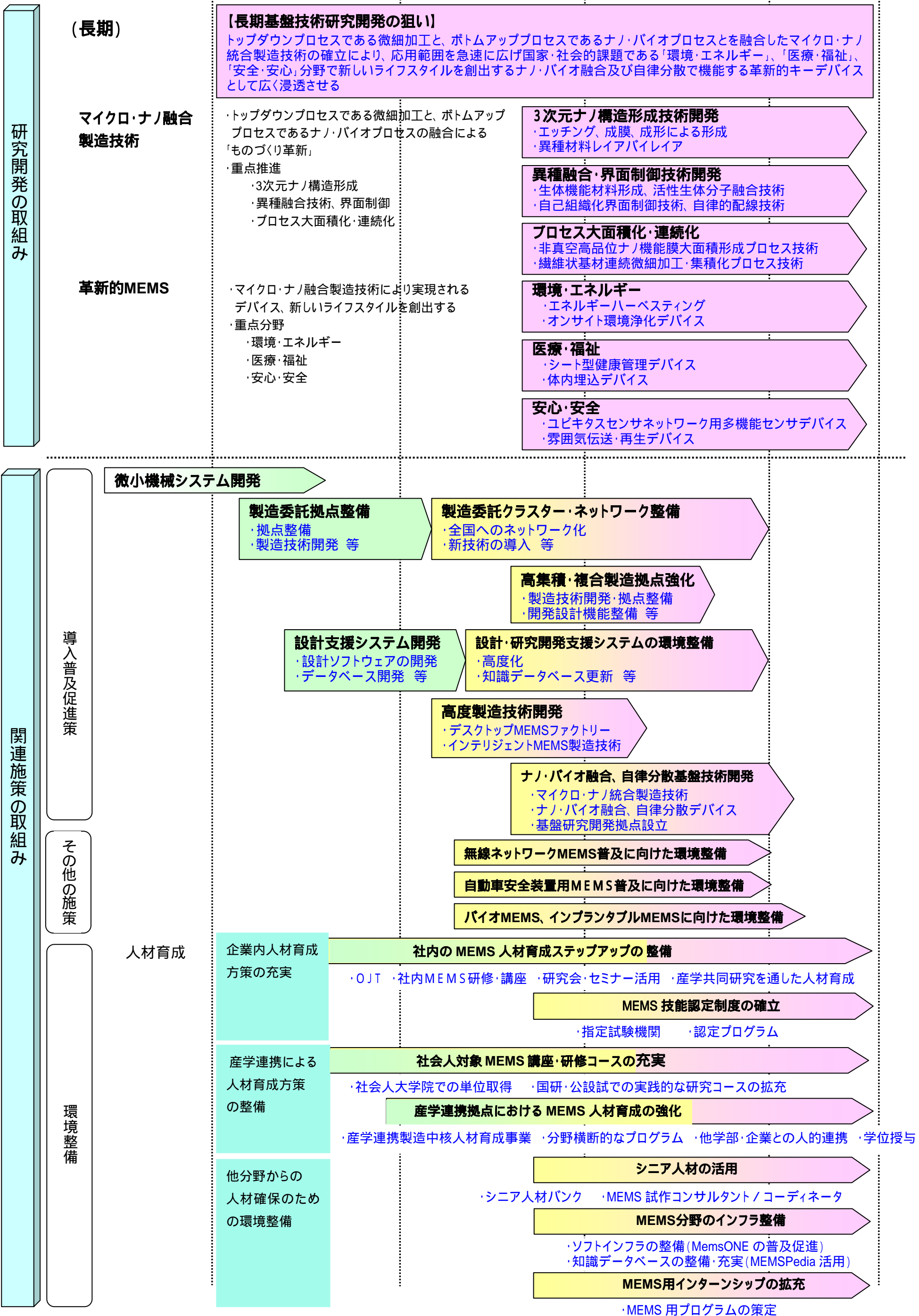
2000

2005

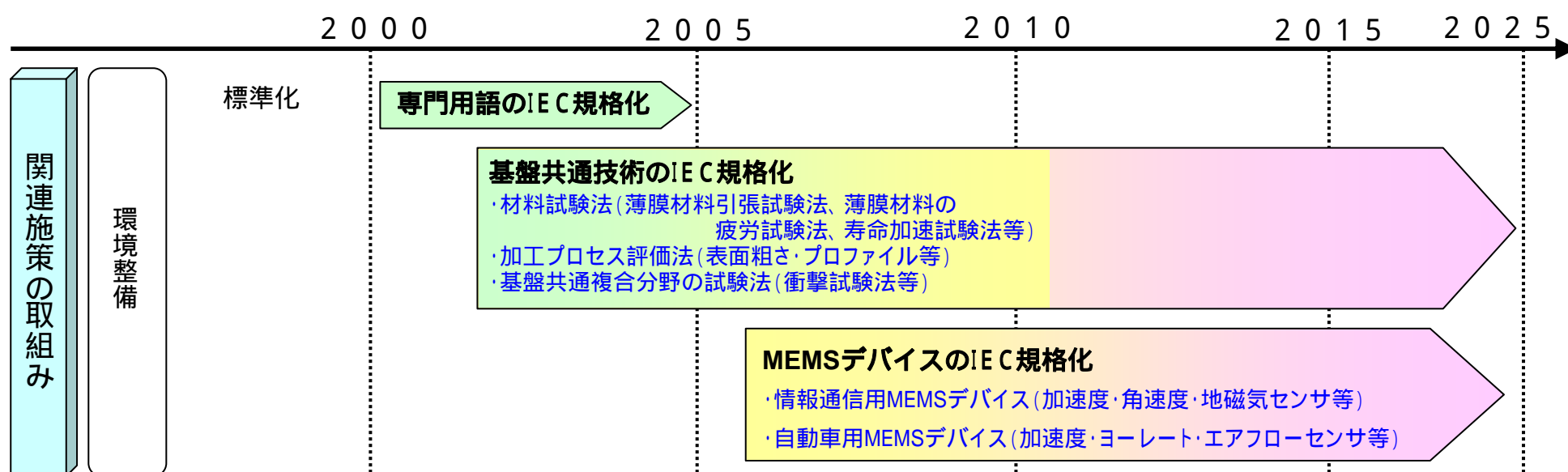
2010

2015

2025



MEMS分野の導入シナリオ(3/3)



MEMS分野の技術マップ(1/2)

MEMS要素技術		分野		
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	0101	高アスペクト比貫通孔形成技術	共通
		0102	高アスペクト比ナノレンチ加工技術	共通
		0103	ディーブドライエッチング技術	共通
		0104	高精度微細エッチング技術	共通
		0105	ウエハレベル均一エッチング技術	無線通信、バイオ、共通
		0106	非シリコン材料加工技術	共通
		0107	無損傷加工技術	共通
	3次元ナノ構造形成技術	0108	3次元表面加工技術	無線通信
		0109	自由曲面加工技術	エネルギー
		0110	立体構造上へのパターン形成技術	共通
		0111	シングルポイントプロセス技術	共通
		0112	ナノピラー形成技術	共通
		0113	ナノポーラス形成技術	共通
	ナノプローブ加工技術	0114	ナノプローブ・エッチング加工技術	バイオ、情報通信、共通
LSIプロセス融合ダメージフリーエッチング技術	0115	MEMS・半導体共存構造の低損傷エッチング技術	共通	
成膜技術	高品位厚・薄膜成膜技術	0201	機能性材料厚膜形成技術	共通、無線通信
		0202	非真空薄膜形成技術	安心・安全、環境、エネルギー
		0203	機能性材料ナノ薄膜多層形成技術	安心・安全、環境、エネルギー
		0204	平滑・低残留力薄膜形成技術-3次元低温成膜技術	光、無線通信、共通
	3次元ナノ構造形成技術	0205	3次元形状表面上成膜技術	光、共通
		0206	シングルポイントプロセス技術	共通
		0207	ナノポーラス膜形成技術	共通
		0208	ナノピラー/ドット形成技術	共通
	LSIプロセス融合成膜技術	0209	MEMS・半導体共存構造の低ストレス・高耐久性薄膜形成技術	共通
成形技術	マイクロプレス成形技術	0310	ナインプリンティング技術-低損傷パターンニング技術	共通、バイオ
		0311	ナノフォーミング技術	共通
		0312	ナノ転写・形成複合プロセス技術	共通
		0313	マイクロエンボス加工技術	光
	マイクロ粉体成形技術	0314	ナノ粉体成形加工技術	共通、バイオ
	マイクロ鑄造技術	0315	貫通孔埋め戻し技術	共通
	3次元ナノ構造形成技術	0316	3次元マイクロ立体型成形技術	共通
		0317	3次元表面ナノ加工技術	共通
		0318	3次元自由曲面エンボス加工技術	共通
		0319	3次元表面修飾技術	共通
0320		3次元形状めっき成形技術	共通	

注: は、中期的な視点での重要技術 は、長期的な視点での重要技術

MEMS要素技術		分野		
形成技術 (機能化・表面改質)	ナノ機能材料選択的 形成技術	0401	ナノ材料局所形成技術	無線通信、バイオ
		0402	ナノ材料ウエハレベル形成技術	共通
		0403	ナノ材料ビルドアップ技術	共通
	生体機能材料形成技術	0404	生体分子配向技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		0405	細胞配置・カプセル化技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		0406	細胞の組織化技術	医療・福祉
	機能性表面形成技術 (界面制御・表面修飾技術、加工損傷回復技術)	0407	化学的・バイオ的表面修飾技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		0408	分子の自己組織化現象応用界面制御技術	安心・安全
		0409	ナノ粒子自己整列技術	共通
		0410	脂質二重層形成技術	共通
		0411	金属・有機半導体の界面制御技術	共通
		0412	有機・絶縁膜の界面制御技術	共通
		0413	印刷方式表面修飾技術	共通
		0414	加工損傷回復技術	共通
LSIプロセス融合 成形技術	0415	MEMS・半導体共存構造の成形技術	共通	
	0416	可動ナノ構造の形成技術	共通	
異種融合技術	ナノ・バイオ融合技術	0501	界面制御技術	環境、医療・福祉
		0502	活性細胞融合技術	環境、医療・福祉
		0503	活性生体分子融合技術	環境、医療・福祉
	ナノ・有機材料融合技術	0504	有機ナノピラー形成技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		0505	有機ナノポーラス形成技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		0506	ナノ間隙への有機充填技術	エネルギー、環境、医療・福祉
	3次元構造形成技術	0507	異種材料レイアバイレイア積層技術	共通
		0508	異種材料の厚膜積層技術	共通
		0509	パターン付き成膜および多層化技術	共通
		0510	メカノバイオ/半導体ハイブリッド積層技術	共通
自己組織化技術	0511	3次元ナノ構造移植・積層技術	共通	
	0512	セルフアライメントによる位置決め技術	共通	
配線技術	0513	マルチCNTプローブ製造技術	共通	
	0514	ナノホール選択金属成長技術	共通	
	0515	ナノワイヤ選択配線技術	共通	
	0516	CNT成長用触媒粒子の自己組織化配列技術	共通	
	0517	CNT配線技術	共通	
	0518	自律的配線形成技術	共通	
	0519	伸縮性導体形成技術	共通	
	組立技術	0520	界面制御を利用した自律組立技術	共通
		0521	界面物理化学評価技術	共通
界面物性評価技術	0522	ナノ領域におけるトライボロジー評価技術	共通	

MEMS分野の技術マップ(2/2)

MEMS要素技術			分野	
プロセス連続化・ 大面積化技術	非真空プロセス による成膜技術	0601	高品位ナノ機能膜形成技術	共通
		0602	マイクロナノ印刷技術	共通
	プロセス大面積 化技術	0603	高品位機能膜のメータ級大 面積形成技術	共通
		0604	繊維状基材の製織集積化技 術	共通
		0605	メータ級大面積アライメント 技術	共通
	プロセス連続化 技術	0606	繊維状基材連続微細加工技 術	共通
		0607	大面積印刷のレジストレー ション(重ね合わせ)技術	共通
		0608	ナノインプリント連続成形技 術(含むローラー式転写技 術)	共通
		0609	連続EBプロセス技術	共通
		0610	連続FIBプロセス技術	共通
前・後処 理技術	表面清浄化技術	0701	構造表面洗浄技術	共通
実装技術	組立技術	0801	高精度位置決め技術	共通
		0802	MEMS・半導体共存の接合・ 組立技術	共通
	接合技術	0803	低温・低応力接合技術	光、無線通信、バ イオ、共通
	パッケージ技術	0804	封止技術	光、エネルギー、 センサ、共通
		0805	高度実装技術	共通
		0806	トリミング技術	センサ
		0807	カッティング技術	共通
検査・評 価技術	各種検査・評価 技術	0901	形状測定技術	共通
		0902	強度等デバイス特性評価技 術	共通
		0903	システム信頼性評価技術	無線通信
		0904	生体情報評価技術	バイオ、 医療・福祉
		0905	微小領域における物理量計 測技術	共通
		0906	検査評価用解析技術	共通
設計・解 析技術	MEMSシミュレ ーション技術	1001	機構解析技術	共通
		1002	プロセス解析技術	共通
		1003	システム化解析技術	共通
	マルチスケール シミュレーション 技術	1004	ナノ/マイクロ/マクロ解析モ デリング技術	共通
	マルチフィジクス シミュレーション 技術	1005	電場・磁場・構造・熱・流体の 連成解析技術	共通
	データベース構 築	1006	材料・界面・プロセス	共通
		1007	知識	共通
製造シス テム技術		1101	多品種少量・省エネ・フレキ シブル加工システム技術	共通

MEMS分野の技術ロードマップ(3/6)

MEMS重要技術		No.	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)					
分類-1	分類-2					2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年							
MEMS材料形成技術	ナノ材料のエッチング技術	0402	ナノ材料のエッチング技術	共通	CNT/ナノSiワイヤのCVD選択形成	位置選択性 エッチ選択性 直線選択率30%	直線選択率 70%		直線選択率 100%		CNT形状 制御(直線/ コイル)、Si 機能化発現		CNT/Si形状 制御(径/ 長さ)ができ る		2025年	MEMS/ラチ ミクロモビークル 機械・電気特性 制御性の向上					
		0403	ナノ材料ビルドアップ技術	共通	多層回路基板形成技術 DNA分子のハンドリング 位置制御技術	多層化 位置精度	3層 5層	100nm	5層	100nm				10nm	20層	ビルドアップ基板 携帯電話用基板、PC用基板 DNA1分子解析、DNA配列、DNA 分子の機能化としての活用					
		0404	生体分子配向技術	エネルギー、環境、医療・福祉	生体分子配向技術	配向分子	可溶性タンパク質	1μm		脂質分子					膜タンパク質	複数分子の同時配向制御					
		0405	細胞配置・カプセル化技術	エネルギー、環境、医療・福祉	細胞配置・カプセル化技術	カプセル化細胞数 配置細胞種類 配置・制御	多細胞 単細胞			複数細胞		単細胞			臓器レベル	個体レベル					
	機能性表面形成技術 (界面制御・表面修飾技術、加工損傷回復技術)	0407	化学的・バイオ的 表面修飾技術	エネルギー、環境、医療・福祉	化学・バイオ物質の 表面/パターンニング/流 路内	パターン解像度 (親油性制御、タ ンパク等の吸着制 御) パターン解像度 (微生物) 親水性・疎水性の 制御	流路全体の修飾 mmオーダー	10μm		複数パターン						500nm、複雑パターン	創薬(動物実験の代替) 再生医療 マクロ化学システム共通技術				
							生体分子機能保持した パターン形成(ソフ トリソグラフィ)/基 板上	付加機能	親・疎水性									機能分子との 選択結合 官能基導入	多機能化		
							生体分子機能保持した 機能分子選択的付 加	付加分子	DNA付加				一部のタン パク						多くのタンパク		
							立体構造物への超精 密化学修飾	ディップ位置精度	±50nm				±10nm								バイオ分析マルチプローブシ ステム
							分子の自己組織化現 象応用界面制御技術	安心・安全	SAMアンカー膜形 成・最適技術	配向制御精度	60%		80%						1aL	>95%	研究用心臓膜デバイス
							ナノ粒子自己整列技 術	共通	再構成膜	収率	60%		80%		200×200m m					1×1m	チップカラム、微量分離 微量精製
LSIプロセス融合形成技術	0410	膜質二重層形成技術	共通	再構成膜	膜タンパク質チップ 形成	同時計測チャンネル 数	1チャンネル		4チャンネル				9チャンネル	25チャンネル	超並列同時計測						
						付加分子	ペプチド		イオンチャ ネル			トランスポ ータ			GPCR	高次膜タンパク質	高機能センサ材料				
	0411	金属・有機半導体の 界面制御技術	共通	界面制御による配 置・配向	位置精度				200nm		50nm										
						0412	有機絶縁膜の界面 制御技術	共通	細胞親和性の制御	分解能(位置精 度)	50μm		1μm					50nm	単一細胞解析 再生医療		
	0413	印刷方式表面修飾 技術	共通	ナノ化学修飾・ダイ レトリソグラフィ	パターン寸法	100nm		50nm					10nm		増大	フレキシブル構造のMEMS ウエラブルMEMS					
						同時処理種数	2種類		10種類				50種類								
	0414	加工損傷回復技術	共通	再構成膜	再構成膜	位置決め精度	±50nm		±10nm					±10nm							
						修飾量	150aL		20aL				1aL								
	0415	MEMS・半導体共存 構造の形成技術	共通	シリコン/金属3次元 構造形成の平坦化加 工	形成膜厚	100nm		10nm						1nm		膜厚増大	エッジセンサセンサーチップ、モバ イル機器端末用センサーチップ及 びRFMEMS、車載用センサ、医 療介護用バイタルサインセンサ				
						平坦性	5μm		10μm			20μm				40μm					
0416	可動ナノ構造形成 技術	共通	可動ナノ構造の形成 技術	可動ナノ構造と駆動	Q値	80000(真空中)			100000(真空中)				500(大気中)	150000(真空中)		MEMS発振器 ビデオレートAFM					
					駆動周波数	125MHz(真空中)			500MHz(真空中)			50MHz(大気中)			100MHz(大気中)	50MHz(大気中)					
異種融合技術	0501	界面制御技術	環境、医療・福祉	細胞親和性の制御	分解能	50μm			1μm					50nm		細胞機能の解析装置					
					選択比	1			10					50							
	0502	活性細胞融合技術	環境、医療・福祉	生体親和性の制御	機能発現制御可 能な生体	活性寿命	18時間		半日					1週間	半年						
						種類	1種類							複数細胞	臓器レベル						
	0503	活性生体分子融合 技術	環境、医療・福祉	生体親和性の制御	機能発現制御可 能な生体	寿命	18時間		半日					1週間	半年						
個数・種類・配向						多分子							1分子								
ナノ・有機材料融合技術	0504	有機ナノピラー形成 技術	エネルギー、環境、医療・福祉	サイズの制御性	直径の制御	均一性		デモ径 制御なし				直径50nm 以下		直径50nm		エネルギーハーベスティング環 境物質センシング					
					均一性			均一性 制御なし				直径100nm 以下		直径100nm							
					0505	有機ナノボラス形成 技術	エネルギー、環境、医療・福祉	サイズの制御性	直径の制御	均一性		直径1000 nm				直径100nm 以下		直径100nm		エネルギーハーベスティング環 境物質センシング	
0506	ナノ間隙への有機充 填技術	エネルギー、環境、医療・福祉	間隙サイズ	間隙径	間隙径							直径200nm 以下		直径20nm以下		エネルギーハーベスティング環 境物質センシング					
					3次元構造形成 技術	0507	異種材料レイア イレイ層形成技術	共通	分解能	数100μm			数10μm				1μm	分子レベル			
種類	2種類			4種類									10種類		20種類						
0508	異種材料の厚膜層 形成技術	共通	異種材料の厚膜層 形成技術	共通	膜厚	50μm			100μm					2mm							
					横分解能	5μm			1μm				100nm								
					材料組合せ・性質	有機/無機		無機/有機				無機/有機									
0509	パターン付き成膜お よび多層化技術	共通	パターン付き成膜お よび多層化技術	共通	膜厚	2μm			2μm					1mm							
					横分解能	10μm			2μm				200nm								
					層間アライメント精 度	20μm			4μm				400nm								

MEMS分野の技術ロードマップ(5/6)

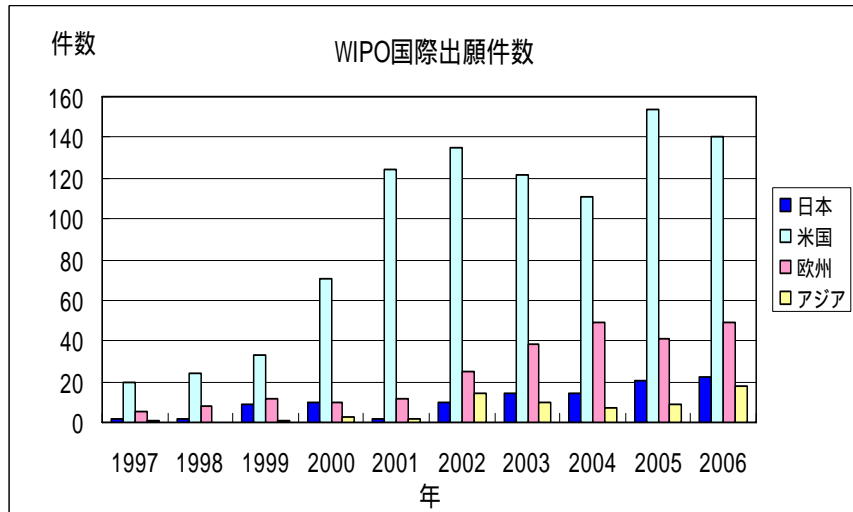
MEMS重要技術		No.	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)					
分類-1	分類-2					2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年						
接合技術	MEMS・半導体共存の接合・組立技術	0802	MEMS・半導体共存の接合・組立技術	共通	電気的・熱的に低ダメージの小型化・一体化の接合・組立	集積形態	ウェハレベル集積	モジュール集積			多層MEMS集積		3Dモジュール集積	ナノデバイス集積	全てのMEMS製品						
				光	低温での低応力接合	接合後平面度 (p- μm)	有効範囲 10mmの面積度(量産適用レベル)	2 μm (2.9 at 680nm)			1 μm (1.5 at 680nm)					0.5 μm (0.7 at 680nm)	0.1 μm (0.25 at 680nm)	MEMS指向ミラー・ミラールレイ、MEMSによる波面変調素子、MEMS光スキャナ、チューナブル分光素子			
					無線通信	チップレベルでの低温接合	最大プロセス温度	300			200	以降 リフロー温度と協調					室温	多機能情報携帯モバイル端末			
					異種基板チップ接合	可変段階の細分、多段階化	1段階 (ON/OFF)	4段階 (1,2,4,8)			10段階						無段階可変	無段階可変	多機能情報携帯モバイル端末		
				パイオ	非Si材料の高精度接合・組立	接合	高精度接着材料開発 多種材料汎用接着可能、低温(-100以下)、薄層化可能	1MPa	10MPa								20MPa	20MPa	在宅診断のためのモバイルヘルスケアシステム、分岐型ネットワークによる広域環境モニタリングシステム、超小型モバイル分析システム、超高速スクリーニングシステム、早上型化学合成システム		
						薄層接着層形成技術	薄層化 (-1 μm 以下)											1 μm 以下			
						共通	低温ウエハ接合	接合温度	常温(30)									常温(30)	常温(30)	物理量センサ等のパッケージング時の応力を問題とするMEMS製品	
				共通	低温バンプ接合	接合温度	常温(30)										常温(30)	常温(30)	物理量センサ等による信号処理を有するMEMS製品		
					非シリコン材料接合	接合抵抗 / 電極	接合抵抗 / 電極	5 μm	1 μm						0.1 μm		0.1 μm	0.1 μm	物理量センサ等による信号処理を有するMEMS製品		
					接合電極接合部の低接合抵抗化	基板反り量	50 μm	10 μm			5 μm								多機能情報モバイル端末に搭載するMEMS製品		
					ウェハレベル多層基板の低応力接合	熱サイクル耐久性 (-40-125)	1000回 (2層)	1000回 (4層)		1000回 (6層)							10000回 (6層)	10000回 (6層)			
						素子厚み	0.8mm			-0.5mm								-0.1mm			
						対応基板厚さ	20 μm											20 μm			
				パッケージ技術	0804	封止技術	光	気密(真空、耐湿)封止	封止耐久年数	100	80								室温	室温	パイオ向けのMEMS製品
								エネルギー	耐高温・高圧接合・封止	使用限度又は規格の温度 / 圧力	300、30atm								800、100atm	800、100atm	MEMS指向ミラー・ミラールレイ、MEMSによる波面変調素子、チューナブル分光素子
センサ	透光性	透光性、波長														99.9%	99.9%	高温、高応力MEMS製品(マイクロエンジン、マイクロガスタービン、マイクロバルブ、マイクロポンプ)			
高度実装技術	0805	共通	共通	アクチュエータ集積化	機能数×集積個数	2機能×2個	3機能×3個	4機能×4個							8機能×8個	マイクロ化学システム共通技術					
				ナノスケール部品のMEMS基板上へのアセンブル	パターン形成の自由度	単層部品のセルフアセンブリによる複雑パターン形成	複数層部品の確率的アセンブリによる単純パターン形成														
				CNTの物理的マニピュレーションによるアセンブル	機能	MEMSによるCNT1本のマニピュレーション	MEMSによるCNTの電気的・機械的特性評価	MEMSによる機能デバイスへのCNTアセンブル	複数MEMSの並列動作によるCNTデバイス形成	MEMSによる自動化CNTデバイス製造システム											
				ナノ材料・部品の精密組立・操作	位置精度 / 速度	基本技術 ±10nm										量産対応 ±10nm、10ms/本	±1nm <1sec (1ウエハ当り)	MEMS/パッケージングミクロモビークル			
				分子機能を維持・制御する集積システムの実装	単位面積当たりデバイス(分子機能)個数	1 cm^2 5	1 cm^2 100	1 cm^2 100								1 mm^2 100	1 mm^2 100	ファイナライズMEMSデバイス			
				自己発電・蓄電素子集積化	振動発電量	10 μW		10mW								100mW	100mW	ファイナリMEMS			
					100 μm 振動で0.1 μW			0.1mW								10mW	10mW				
					生化学発電量	0.1 μW		0.1mW								10mW	10mW				
				トリミング技術	0806	センサ	高精度・高速化	加工精度	1 μm	0.5 μm									トリミング不要	トリミング不要	
				0807	共通	MEMS部品のウエハダイシング	破損確率	10秒								1秒			トリミング不要		
検査・評価技術	各種検査・評価技術	0901	形状測定技術	共通	非接触3次元形状計測・評価	アスペクト比	10:深さ100 μm 、溝幅10 μm)	50:深さ500 μm 、溝幅10 μm)	50:深さ500 μm 、孔径10 μm)					100:深さ500 μm 、孔径10 μm)	500:深さ500 μm 、孔径10 μm)	孔径10 μm)	3次元構造を有するMEMSセンサ、アクチュエータ共通技術				
						側壁膜厚測定精度	mm幅、mm深さ、 μm 膜厚	100 μm 幅、数10 μm 深さ、0.1 μm 膜厚	100 μm 幅、数10 μm 深さ、0.1 μm 膜厚				100 μm 幅、数10 μm 深さ、10nm rms	100 μm 幅、数100 μm 深さ、1nm膜厚							
						側壁粗さ測定精度	できていない	できていない	できていない				100 μm 幅、数10 μm 深さ、100nm rms	100 μm 幅、数10 μm 深さ、10nm rms							
						強度等デバイス特性評価技術	気密封止評価	検出レベル	できていない	デバイス寸法	1 cm^3							0.1 μm	0.01 μm		
ウェハレベル接合評価	計測感度	ボイドサイズ	0.5 μm	0.2 μm									1 μm ボイドが±0.5%で	1 μm ボイドが±0.03%で							
接合後のギャップ精度	接合後のギャップ精度	単結晶材料 平面分解能 10 μm 応力測定精度 1Mpa											非晶質材料 平面分解能 10 μm 応力測定精度 1Mpa	非晶質材料 空間分解能 10 μm 応力測定精度 1Mpa 非破壊 3次元分布							
疲労試験	試験法策定	引張り試験法策定 (Si)											Si系材料、Si系材料、金属、プラスチック材料疲労試験規格成立		可動構造を有するMEMS製品全般						
衝撃試験	試験法策定	研究レベル											Si系材料、金属、プラスチック材料疲労試験規格成立		可動構造を有するMEMS製品全般						

MEMS分野の技術ロードマップ(6/6)

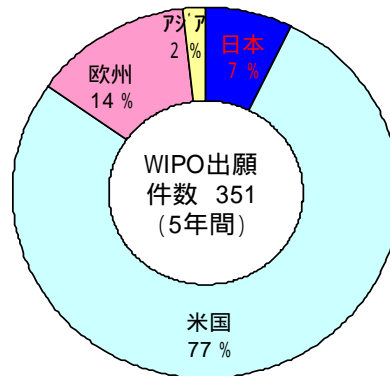
MEMS重要技術		No.	重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)		
分類-1	分類-2																	
MEMS重要技術	MEMSシミュレーション技術	0903	システム信頼性評価技術	無線通信	高周波対応システムの信頼性評価	規格の制定	評価法確立									集積RF-MEMS		
		0904	生体情報評価技術	バイオ、医療、福祉	高周波対応システムの信頼性評価 生体情報のその場観察装置と計測操作	計測可能細胞、分子寸法、計測時間 計測温度制御	1S 100nm					1S 50nm			1S 10nm	1S 1nm	フラインMEMS	
							電気的計測分解能	複数チャネル						0.1		0.01		
							化学的計測分解能	単一細胞			複数レセプタ			単一レセプタ				
							細胞操作	溶液中細胞のMEMSによる物理的ソフト	把持力検出機構の導入						複数MEMSによる多自由度細胞操作			
							塑性(キラリディ)構造計測	バルク材		薄膜レベル						単分子レベル	原子分子レベル	薬剤・生理活性物質の識別
				0908	微小領域における物理量計測技術	共通	分子レベルでの温度計測	光ファイバ/AFM	極細光ファイバによる集光				AFMプローブ(光ファイバ)先端の微細化					光強度を測定できる原子間力顕微鏡、熱伝導率を測定できる顕微鏡、定量測定可能な走査型熱顕微鏡(STM)、無配線で圧力を送信できるシステム
							温度・圧力等の分布	走査型熱顕微鏡	温度センサ付AFM(STM)プローブの先鋭化	温度計測の定量化(マイクロヒータの付加)			AFMプローブ(STM)先端の微細化(20nm)					
							ひずみセンサ	半導体による測定	センサの微細化			センサと増幅回路、送信回路の一体化						
				0906	検査評価用解析技術	共通	検査評価用解析技術のシステム化	対象材料/プロセス					ナノ材料/プロセス				バイオ材料/プロセス	
設計・解析技術	MEMSシミュレーション技術	1001	機構解析技術	共通	運成解析のシステム化、高度化	対応可能な解析対象	バリエーションレベル運成解析	信頼性試験解析(疲労、破壊、耐環境)		チップ内多機能運成解析					バイオ・分子運成解析		MEMS製品全般	
								MEMS・電磁気回路統合解析										
				1002	プロセス解析技術	共通	MEMS材料加工をインテグレートしたマルチプロセスの解析	対応可能なプロセス種	シリコンプロセス解析				ナノ材料・MEMS統合プロセス解析			バイオ材料・MEMS統合プロセス解析		MEMS製品全般
							プロセス解析の高度化	装置出力データとの連携				単一MEMSプロセス			ナノ材料プロセス	バイオ材料プロセス対応	MEMS製品全般	
							実装信頼性評価	試験誤差								10%		
				1003	システム化解析技術	共通	システム化技術の高度化	対応可能な素子	50% 複数MEMS/IC		ナノ材料/MEMS素子						バイオ材料/MEMS素子	
マルチスケールシミュレーション技術	マルチスケールシミュレーション技術	1004	ナノ/マイクロ/マクロ解析モデリング技術	共通	各スケールおよびスケール間のモデル化技術	解析対象	単一分子・格子レベル	無機材料とのモデリング			有機材料を含むモデリング				バイオ材料を含むモデリング			
									マイクロ/マクロ運成		ナノ/マイクロ運成				回路を含むシステムレベルでの解析			
				1005	電場・磁場・構造・熱・流体の運成解析技術	共通	強運成・弱運成を含めたモデル化および解析手法の確立	計算精度と計算時間	微小領域におけるシステムレベルでの解析			数部品から数十部品レベルでのシステムシミュレーション						
				1006	データベース構築	共通	MEMS材料の試験評価法と材料特性データベース	対応可能なDB対象	シリコン系材料DB	高分子系材料DB		ナノ材料DB				バイオ材料DB	DB充実	MEMS製品全般
		1007	知識	共通	MEMS製造・評価技術に関する知識DB	対応可能なDB対象	高精度3D MEMS製造技術知識DB	高集積統合MEMS製造技術知識DB		ナノ機能付加製造技術知識DB				ナノ/バイオ統合製造技術知識DB	DB充実	MEMS製品全般		
製造システム技術	MEMSシミュレーション技術	1101	多品種少量・省エネ・フレキシブル加工システム	共通	MEMS製造技術の小型化・省エネ化・フレキシブル化	装置寸法	(1800x1800上に4ユニット運動)プロトタイプ			1800x900に8ユニット(精度も同等)				1800x900で通常MEMSシステム同等(精度も同等)	小型化	製造システム 医療用等現場製造・単品製造品目		
						消費電力	15kW以下		5kW以下					2kW以下	1kW以下			
						生産スループット	10min/デバイス		5min/デバイス					1min/デバイス	0.1min/デバイス			

MEMS分野の国際競争ポジション

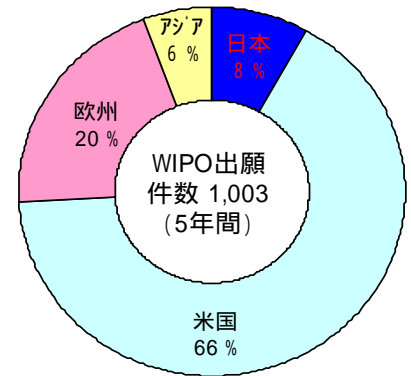
1. MEMSに関する特許動向



WIPO国際特許出願件数をみると、1997～2001年の5年間の累計件数に対し、近年(2002～2006年)の5年間の累計件数が3倍程度となり、大きな伸びを示している。



(1997～2001年の累計件数)

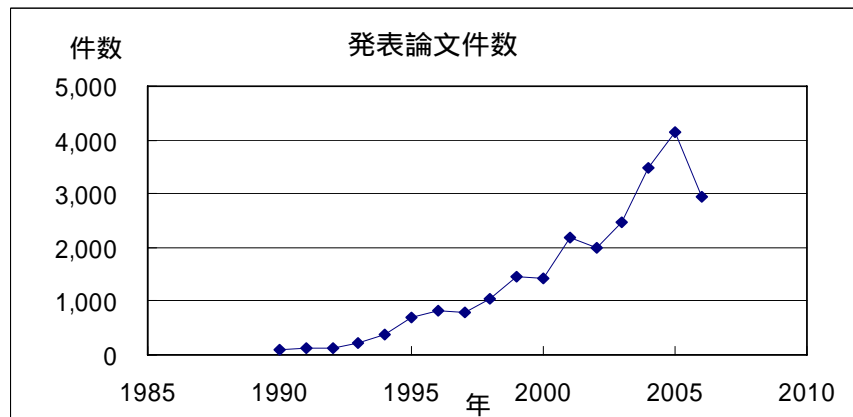


(2002～2006年の累計件数)

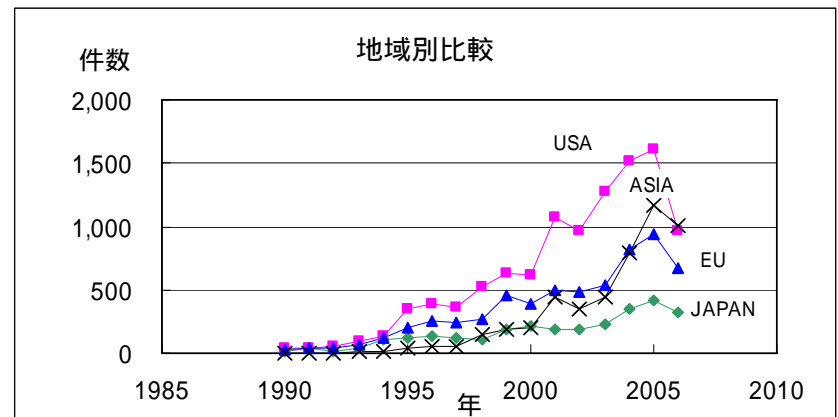
出典：平成19年度MEMSの技術戦略マップのローリングに関する調査「学術動向調査」

WIPO国際特許出願件数の地域別割合をみると、近年(2002～2006年)では、日本、アジアで若干の伸びがあるが、欧州の伸びが著しく、その分、米国がその割合を落としている。

2. MEMSに関する論文発表動向



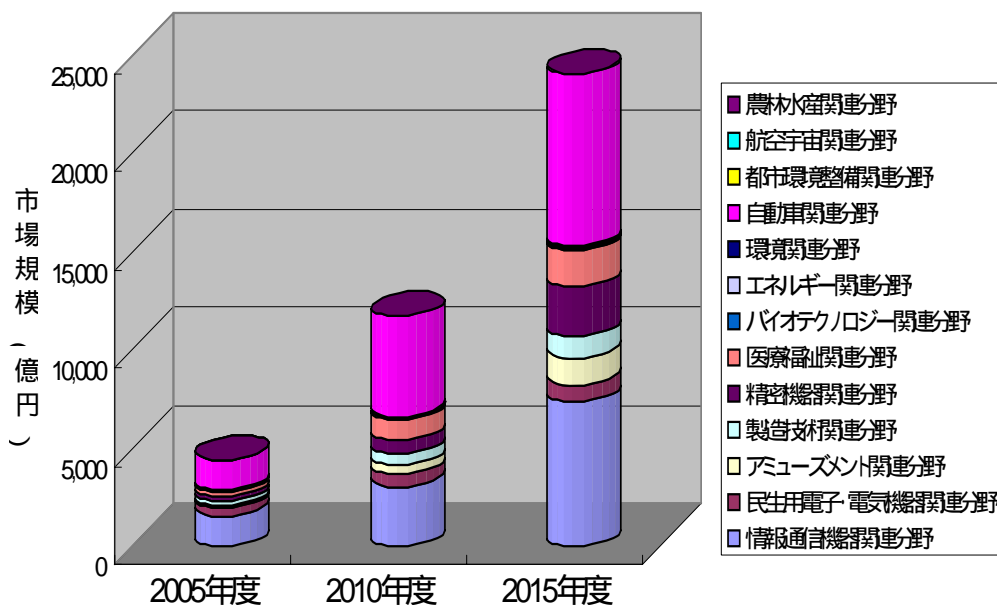
発表論文数をみると、2006年はやや減少したが、右肩上がり増加しており、米国が常にトップを占めているが、近年ではアジア(中国・韓国・台湾・シンガポール)の伸びが著しい。



出典：同上

3. MEMSの市場動向

現在市場規模(2005年度) 4,397.3億円
 2010年度予想 1兆1,743.4億円
 2015年度予想 2兆4,074.3億円



出典：平成18年度MEMSの技術戦略マップのローリングに関する調査「市場動向調査」

MEMSの市場は順調に拡大しており、2010年度には1兆円を超えると予想されている。

市場としては自動車関連分野と情報通信機器関連分野で大きく伸び、今後ともセンサー・光・RF-MEMS等を中心に市場を形成していく。

