

提言

学術と産業を結ぶ基盤研究
および人材育成の強化
—応用物理からの提言—



平成23年（2011年）6月 2日

日 本 学 術 会 議

総合工学委員会

未来社会と応用物理分科会

この提言は、日本学術会議総合工学委員会未来社会と応用物理分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議 総合工学委員会 未来社会と応用物理分科会

委員長	荒川 泰彦	(第三部会員)	東京大学生産技術研究所教授
副委員長	奥村 次徳	(連携会員)	首都大学東京副学長・理工学研究科教授
幹事	渡辺 美代子	(第三部会員)	(株)東芝経営変革統括責任者
幹事	大野 英男	(連携会員)	東北大学電気通信研究所教授
委員	桑野 園子	(第一部会員)	大阪大学名誉教授
	後藤 俊夫	(第三部会員)	中部大学副学長
	伊澤 達夫	(第三部会員)	東京工業大学理事・副学長
	石原 宏	(第三部会員)	東京工業大学名誉教授
	榊 裕之	(第三部会員)	豊田工業大学学長
	市川 昌和	(連携会員)	東京大学大学院新領域創成科学研究科特任教授
	一村 信吾	(連携会員)	(独)産業技術総合研究所理事
	伊東 一良	(連携会員)	大阪大学大学院工学研究科教授
	尾浦 憲治郎	(連携会員)	大阪大学超高压電子顕微鏡センター特任教授
	大津 元一	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
	尾鍋 研太郎	(連携会員)	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
	岸野 克巳	(連携会員)	上智大学理工学部教授
	木村 忠正	(連携会員)	電気通信大学名誉教授
	國分 泰雄	(連携会員)	横浜国立大学理事・副学長
	小舘 香椎子	(連携会員)	日本女子大学名誉教授
	小長井 誠	(連携会員)	東京工業大学大学院理工学研究科教授
	財満 鎮明	(連携会員)	名古屋大学大学院工学研究科教授
	白木 靖寛	(連携会員)	東京都市大学教授
	田島 道夫	(連携会員)	宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所専任教授
	多田 邦雄	(連携会員)	金沢工業大学客員教授
	橘 邦英	(連携会員)	大阪電気通信大学工学部教授
	遠山 嘉一	(連携会員)	東京大学工学キャリア支援オフィス シニアアドバイザー
	波多野 睦子	(連携会員)	東京工業大学大学院理工学研究科教授
	平岡 佳子	(連携会員)	(株)東芝研究開発センター
	藤田 静雄	(連携会員)	京都大学大学院工学研究科教授

堀越 佳治	(連携会員)	早稲田大学理工学術教授
真壁 利明	(連携会員)	慶応義塾常任理事
松尾 由賀利	(連携会員)	(独) 理化学研究所先任研究員
三間 罔興	(連携会員)	光産業創成大学院大学特任教授
三村 高志	(連携会員)	(株)富士通研究所フェロー
谷田貝 豊彦	(連携会員)	宇都宮大学オプティクス教育研究センター センター長・教授
吉野 淳二	(連携会員)	東京工業大学大学院理工学研究科教授

目 次

1	はじめに.....	1
2	現状と課題.....	3
	(1) 学術と産業を結ぶ応用物理.....	3
	(2) 応用物理の将来ビジョン.....	3
	(3) 応用物理分野における産学官連携.....	5
	(4) 不足するグローバル人材.....	8
3	応用物理の将来ビジョンとその実現に向けて.....	12
	(1) 応用物理の将来ビジョン.....	12
	(2) 応用物理からみた学術と産業を結ぶ学術基盤研究領域.....	12
	(3) 学術と産業を結ぶ学術基盤研究の具体的計画例.....	14
4	応用物理分野の研究開発拠点整備の今後のあり方.....	15
	(1) 拠点の形成とプロジェクトフォーメーション・マネジメント機能拡充.....	15
	(2) 産学官連携による人材育成.....	15
	(3) 海外の企業の参画および連携の重要性.....	16
	(4) 拠点整備・運用上の課題.....	16
5	産業と研究開発のグローバル化に対応した人材育成.....	18
	(1) グローバルリーダー育成のための国際スクールの設置.....	18
	(2) 短期留学の拡充と推進.....	19
	(3) グローバル人材育成の取り組み及び成果の周知拡大.....	20
6	提言.....	21
	(1) 応用物理の将来ビジョンの実現に向けて.....	21
	(2) 産学官連携のさらなる強化.....	21
	(3) 産業と研究開発のグローバル化に対応した人材育成.....	22
7	むすび.....	24
	<参考文献>.....	25
	<参考資料> 総合工学委員会未来社会と応用物理分科会審議経過.....	26
	<付録1> 「現状と課題」参考図表.....	29
	<付録2> 応用物理からみた学術と産業を結ぶ学術基盤研究領域の具体的計画例... ..	33
	<付録3> 国内外における研究開発拠点整備の現状.....	48
	<付録4> 「産業と研究開発のグローバル化に対応した人材育成」参考図表.....	56

3 応用物理の将来ビジョンとその実現に向けて

(1) 応用物理の将来ビジョン

応用物理などの工学に分類される学術分野は、物理学や化学など基礎科学に立脚しつつ、具体的な成果物を技術として創成しかつ熟成させることにより、産業の創成や国民生活の経済的な向上に貢献する。しかし、最近では、基礎科学から技術が生まれるというだけではなく、技術が新たな基礎科学の方向を生み出すことがしばしば起こっている。今後、新しい学術の創成に向けては、単に既存の学術分野の深化を図るだけではなく、基礎科学と応用科学、あるいは隣接する科学・技術との融合化、統合化に向けた研究の展開が重要である。応用物理は、今後も物理学、化学と融合を図りながらも、さらに、生物学、医学分野との連携も展開し、従来の応用物理からさらに進化することが期待されている。

一方、工学の一分野としての応用物理は、産業科学・技術の発展への寄与を通じて、イノベーションの創出に貢献しなければならない。このためには、応用物理および関連分野の研究者、また、大学、産業界、独立法人、国、すなわち、産学独法の各研究者が将来ビジョンを共有するとともに、それぞれの役割分担の下で、学術と産業を結ぶ学術基盤研究開発が推進されることが必要である。これにより、既存の応用物理領域の枠を超えて学際的・複合的な発展を遂げ、さらに新たなエレクトロニクスやフォトニクスなどの技術分野の担い手になることが期待される。また、IT、ナノテクノロジー・材料、医療、エネルギー、環境、など、先端融合領域分野を生み出す源泉的分野として重要な役割を果たすことができる。その結果、学術的価値の創成と人類の経済的幸福と健康な生活をもたらすという両輪のもとで、応用物理および関連分野が発展する。

応用物理学会の『アカデミック・ロードマップ』では、前述のように19の分野に分類して将来ビジョン策定が行われているが、これはボトムアップ、要素技術を主体にした分類であった。一方、日本学術会議より発出された報告『総合工学分野の展望』では、3つの学術研究分野を中核にしてそれに関連する学術テーマを示した。そこで、本章第(2)節ではこれらを再構成し、5つにまとめた研究領域を提示し、今後の応用物理および関連学術領域分野の発展に資することとした。

(2) 応用物理からみた学術と産業を結ぶ学術基盤研究領域

本節では、応用物理からみた学術と産業を結ぶ学術基盤研究領域として5つに整理した研究領域を提示し、その内容とともに、取り組みの方向性を示す。

① 統合エレクトロニクス研究領域

アカデミック・ロードマップの19の分野の中で本領域が関連する分野は、シリコン技術、フォトニクス、マイクロ・ナノメカトロニクス等である。将来ビジョンの実現に向けて、異種な機能、デバイス、材料を集積する必要があり、マルチフィジクス型のデバイス・システムを共創するための学術基盤研究が重要となる。本学術基盤研究

を推進すれば、世界に先駆けた学術分野の体系化と、基盤技術整備によるわが国の次世代産業への貢献、技術標準化による戦略的な国際競争力への先取りなどの効果が期待される。

② 新材料・プロセス技術研究領域

本領域が関連する分野は、有機・分子エレクトロニクス、ワイドギャップ半導体エレクトロニクス、プラズマ・プロセス技術、結晶成長である。材料技術、物性評価技術、プロセス技術、デバイス技術、応用技術に係る基礎・基盤研究を推進することにより、個人の創造的研究に立脚しつつ、必要に応じて集中化することも重要である。これにより、分野間・組織間の共同連携が飛躍的に進み、学際性を特色とする応用物理学、および、新材料・プロセス分野の発展に大きく寄与する。また、産学官が連携して総力を結集し、基礎科学に立脚した学術的アプローチと高度な技術と経験に立脚した工学的アプローチを融合させた研究開発を推進することも可能になり、基礎科学から工学的価値を産み出すことが期待される。

③ 基礎基盤領域

本領域が関連する分野は、量子情報・物理、テラヘルツエレクトロニクス、磁性・スピントロニクス、ナノ構造技術である。20年後のイノベーションの創出に向けて、基礎・基盤技術の確立は重要であり、応用物理学として大きな意義がある。基礎科学の追究は、工学・理学・数理学の広い分野にまたがる学際的な研究領域の形成と発展に大きく寄与しているだけでなく、未来社会の実現に向けて重要な意味をもつ。また、基盤技術ゆえに局所的な要素技術単体の研究となりやすいが、国内外の主要研究機関と連携し、国際的なネットワークを強化し、グローバルに分野をリードしていくことが重要である。

④ ライフ・バイオ領域

本領域が関連する分野は、バイオエレクトロニクス、医療エレクトロニクスである。ライフノベーションの創出には、応用物理学の中核である半導体エレクトロニクスと、脳科学・医療、バイオとの融合が重要である。応用物理学の新しい学術基盤研究として、将来ビジョンマップに示したように、診断デバイス、ドラッグデリバリーシステム、イメージング技術などが重要となる。

⑤ 環境・エネルギー領域

地球環境の持続性実現という課題解決に向けて、環境・エネルギーは、応用物理学の各分野や関連学術分野がそれぞれ取り組むべき学術研究領域である。さらに、これらの分野が分野横断的な研究展開を図ることにより、質の変革がもたらされ、新しい学術領域として発展することを期待する。応用物理学関連の新しい学術基盤研究としては多々上げることができるが、例えば、超伝導を核とした低炭素技術プラットフォーム

ーム、人工光合成デバイスによる太陽エネルギー貯蔵・運搬技術開発などもそれらに含まれる。

(3) 学術と産業を結ぶ学術基盤研究の具体的計画例

長期的将来ビジョンに立脚して応用物理とその関連分野におけるイノベーション創出をめざすためには、上記の各学術基盤研究領域において、取り組むべき具体的な計画の例を示すことが有用である。本提言では、応用物理学会『アカデミック・ロードマップ』の要素技術クラスター代表者および本分科会委員からの提案に基づき、学術と産業を結ぶ学術基盤研究の具体的計画の例を提示することとした。これらの計画例の作成にあたっては、対象と規模、計画の妥当性および透明性、マイルストーン、計画の実施主体、国際的水準の高さや国際連携の必要性、共同利用体制などに配慮した。これらの計画例が、今後の学術と産業を結ぶ学術基盤研究領域の発展に向けた方策の立案に資することを期待する。具体的内容は、6章の提言および付録2に示される。

を広く社会に周知するべきである。今後グローバル人材育成を拡大し、充実させると共に、これらの取り組みとその成果を広く周知し、産学官が連携して最大限の活用を促進し、わが国の産業競争力、経済力強化に生かす必要がある。応用物理分野でパイロット的に進める国際スクール等の成果を検証しつつ他分野にも拡充していくべきである。

表1 14の学術と産業を結ぶ学術基盤研究計画例の概要

	関連分野	計画タイトル	概要
統合エレクトロニクス	シリコン技術	シリコンオールジャパン大学連携クラスター	シリコンベースナノエレクトロニクス分野における国際競争力強化と人材育成を目的とし、つくばイノベーションアリーナ(TIA)等を拡張させ、全国規模に展開するオールジャパンの大学連携クラスターを構築する。
	フォトニクス	光電子融合に向けた先端ナノフォトニクス研究開発	量子ドットやフォトリソグラフィ等のナノ構造や量子電磁気学現象等に立脚した新たな量子デバイスを創成するとともに、超大規模コンピューティング技術の確立に向けて光LSI融合システムの学術基盤技術を確立する。
	マイクロ・ナノメカトロニクス	異種機能集積プラットフォーム構築によるマルチフィジクス・デバイス・システムの共創	集積回路技術とマイクロ・ナノメカトロニクス、MEMS技術を融合した異種機能集積システムの基盤となる設計・試作・評価に関する新たな理工学の大系化と共同試作体制を構築する。
新材料・プロセス	有機・分子エレクトロニクス	有機エレクトロニクス統合研究センター	有機エレクトロニクスの統合的・横断的研究に必要な設備を、人員も含め一か所に集中配備した共同利用研究センターを設立する。共同研究プロジェクトの推進に加え、地方在住研究者のための装置利用や技術相談も行う。
	プラズマ・プロセス技術	最先端プラズマ科学グローバルイノベーション拠点の形成	グローバルイノベーションを実現する最先端プラズマ科学国際共同研究施設を構築することで、世界中から知恵、人、モノが集積する最高峰の拠点を形成し、強い人材育成と未来産業を永続に先導するスキームを創る。
	ワイドギャップ半導体エレクトロニクス	グリーン・イノベーションに向けたワイドギャップ半導体の学術基盤研究	ワイドギャップ半導体の優れた物性を活かし、情報通信、エネルギー、環境、医療エレクトロニクス分野を革新する成果を創出してグリーン・イノベーションに結び付けるため、材料、デバイス、応用に係る基礎・基盤的研究をオールジャパン体制で総合的に推進する。
基礎基盤技術	テラヘルツエレクトロニクス	科学・技術駆動型テラヘルツ電磁波機器標準化事業	産学連携しテラヘルツ機器の標準化を先導する。産業初期段階より標準化を確立する新規な試みであり、産業・学術両面で我が国が優位に立てる。分野発展の新しいモデルケースとして他分野への波及効果も大きい。
	量子情報・物理	量子技術ネットワーク創造基盤	量子技術の研究拠点を整備し、拠点間にコヒーレントな光ネットワークを構築する。各拠点で開発される量子情報処理装置及び光格子時計などの量子標準をネットワークでつなぎ、性能評価や基礎理論の実験的検証を行う。
		極短パルス高強度レーザー技術研究基盤	極短パルス高強度広帯域レーザー光源施設・加速器レーザー技術融合研究施設を整備し、極短時間(アト秒領域)の物質変化や水の窓領域の顕微鏡計測に基づいて細胞内などの極微空間ダイナミクスを解明する。
	磁性・スピントロニクス	スピントロニクス学術研究基盤の構築と展開	スピンを積極的に用いた革新的な材料、デバイス、システムの研究開発を行う。①材料と物理学、②ストレージ、③メモリとロジック、④量子情報を中心として、学術研究基盤を構築しつつ、次世代を担う人材育成も行う。
ライフ・バイオ	医療エレクトロニクス	脳表皮から深部に至るフォトリソグラフィ脳機能イメージングの創成	脳内に埋植可能で、光源・イメージセンサを一体集積化したLSIを開発し、脳表皮から深部に至る脳機能イメージングを創成する。これにより、小動物からヒトまでの脳機能を可視化して、脳科学・脳疾患治療に貢献する。
	バイオエレクトロニクス	ナノバイオ・オープンイノベーション拠点	現在世界的にもトップレベルである日本のナノバイオ研究を強力に推進しバイオ、医工学、製薬等の分野で産業創製につなげるため、研究開発の連携推進拠点となる共同利用施設整備、研究者ネットワークの構築を行う。
環境	超伝導技術	超伝導を核とした低炭素技術プラットフォーム	超伝導技術の応用は必ず低炭素・省エネルギー効果を持つものの、他分野との関係が十分にできていない。そこで、超伝導技術の展開の可能性を広く拓くことを目的とし、研究プラットフォームの構築を提案する。
	環境・エネルギー技術	人工光合成デバイスによる太陽エネルギー貯蔵・運搬技術開発に資する学術基盤研究	太陽エネルギーを燃料に変える人工光合成につき、材料からデバイス、システム全体を俯瞰し、基礎から応用までの研究融合を通じて、年間20兆円を越す日本のエネルギー輸入を自給に転換する基盤技術を確立する。