

記 録

文書番号	SCJ第22期260905-22670200-044
委員会等名	日本学術会議電気電子工学委員会 デバイス・電子機器工学分科会
標題	第22期 電気電子工学委員会 デバイス・電子機器工学分科会活動記録
作成日	平成26年(2014年)9月5日

- * 本資料は、日本学術会議会則第二条に定める意思の表出ではない。
掲載されたデータ等には、確認を要するものが含まれる可能性がある。

この記録は、電気電子工学委員会デバイス・電子機器工学分科会における審議の結果をとりまとめ、記録として公表するものである。

電気電子工学委員会デバイス・電子機器工学分科会

委員長	小長井 誠	(第三部会員)	東京工業大学大学院理工学研究科教授
副委員長	福井 孝志	(連携会員)	北海道大学情報科学研究科教授
幹事	川原田 洋	(連携会員)	早稲田大学理工学術院教授
幹事	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
委員	荒川 泰彦	(第三部会員)	東京大学生産技術研究所教授
	石原 宏	(第三部会員)	東京工業大学名誉教授
	保立 和夫	(第三部会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
	荒井 滋久	(連携会員)	東京工業大学量子ナノエレクトロニクス研究センター教授
	井筒 雅之	(連携会員)	日本学術振興会サンフランシスコ研究連絡センター・センター長
	植田 憲一	(連携会員)	電気通信大学レーザー新世代研究センター特任教授
	大野 英男	(連携会員)	東北大学電気通信研究所教授
	大橋 弘美	(連携会員)	N T T フォトニクス研究部長
	小野寺 秀俊	(連携会員)	京都大学大学院情報学研究科教授
	岸野 克巳	(連携会員)	上智大学理工学部教授
	國分 泰雄	(連携会員)	横浜国立大学理事・副学長
	小柴 正則	(連携会員)	北海道大学大学院情報科学研究科教授
	小舘 香椎子	(連携会員)	日本女子大学名誉教授
	澤木 宣彦	(連携会員)	愛知工業大学工学部教授
	柴田 直	(連携会員)	東京大学名誉教授／応用物理学会 APEX/JJAP 専任編集長
	中沢 正隆	(連携会員)	東北大学電気通信研究所教授
	野田 進	(連携会員)	京都大学工学研究科教授
	藤田 静雄	(連携会員)	京都大学国際融合創造センター教授
	三浦 道子	(連携会員)	広島大学大学院先端物質科学研究科教授
	森 勇介	(連携会員)	大阪大学大学院工学研究科教授

なお、所属は平成26年7月現在のもの

目 次

1. はじめに	分科会委員長 小長井誠 p. 4
2. 電子デバイス・電子機器の将来ビジョンの実現のための施策	p. 5
(1)大型研究計画提案	小野寺秀俊、波多野睦子、川原田 洋
(2)科学・夢ロードマップ	大橋 弘美、川原田 洋
3. 電気電子工学分野の参照基準	柴田 直 p.22
(1)経緯と概要	
(2)参照基準の概要	
4. 電子デバイス・電子機器における人材育成	波多野睦子 p.27
(1)シンポジウムプログラム	
(2)シンポジウム報告書	
5. 会議議事録	p.32
(1)第1回分科会議事録	
(2)第2回分科会議事録	
(3)第3回分科会議事録	
(4)第4回分科会議事録	
6. おわりに	分科会副委員長 福井孝志 p.44

1. はじめに

第22期における電気電子工学委員会 電子デバイス・電子機器工学分科会での活動は、第21期において取りまとめられた提言、「21世紀における電気電子工学のあり方と果たすべき役割」を実行することを目指した。すなわち、電気電子工学の広範な分野の中で、LSI、レーザーなどのデバイス工学、太陽電池、パワーデバイス、LED照明などの創エネルギー、省エネルギーに関連したグリーンテクノロジー、先端的な医療機器、計測器を含む電子機器工学などを主軸とする学術領域を対象として、教育活動、研究・開発、製品化と社会での活用ならびに社会受容性、隣接学術領域との学際連携に関して、国際的視点から審議し、学術の発展に貢献することを目指して活動を展開した。また、これからの電気電子工学の更なる発展には根幹となる知識を吟味しなおし、整理し、一体の学問体系としての新たな共通基盤を築く必要がある、という認識を共有して議論を進めた。

このような活動計画のもとに分科会を4回開催した。特に分科会主催のシンポジウム企画について重点的に議論を深めた。その結果、「持続可能で安心安全な社会の実現に向けた電気電子工学の人材とグローバル化」をテーマにシンポジウムを開催した。また、大型学術研究マスタープランについては、「持続可能で安心安全な社会の実現に向けた革新的電子デバイス・電子機器統合的グリーン半導体プラットフォームの構築」を提案し、本提案は大型研究として策定された。さらに「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 電気電子工学分野」と「夢ロードマップ」については、電気電子委員会に属する他分科会とともに議論を深めた。

デバイス・電子機器工学は、通信・電子システム、ならびに制御・パワー工学とならび、電気電子工学の基幹となる学術分野で日本の産業基盤を担うものであり、次世代の人材育成を考えていく上で欠かせない分野である。したがって、次期以降もデバイス・電子機器工学を分科会として継続させ、電気電子工学一体の学問体系として引き続き議論を進める必要がある。本記録が、第23期の活動を展開するにあたり有用な記録となり、電気電子工学分野のますますの発展に貢献することを期待してやまない。

デバイス・電子機器工学分科会委員長
小長井 誠

2. 電子デバイス・電子機器の将来ビジョンの実現のための施策

電子デバイス・電子機器の将来ビジョン実現のための施策として本分科会では、第22期大型施設計画・大規模計画に関するマスタープラン（マスタープラン2014）への提案と、理学・工学分野における科学・夢ロードマップ2014（理学・工学分野における科学・夢ロードマップの改訂）の作成を進めた。

（1）大型研究計画提案

1) 背景と経緯

本分科会からは大型研究計画として1件の提案「持続可能で安心安全な社会の実現に向けた革新的電子デバイス・電子機器統合的グリーン半導体プラットフォームの構築」を行った。その後、平成25年7月に大型研究計画（約200件）として策定され、9月にはヒヤリング課題（66件）に選択された。電気電子工学分野からは全部で5件の提案が提出され、ヒヤリング議題に進んだ案件は2件、内1件が本分科会提案によるものであった。ヒヤリングには、小野寺委員、川原田幹事、波多野幹事の3名が出席した。最終的には、重点大型研究計画（27件）として、位置付けられなかったが、大型研究計画のひとつとしてさらにブラッシュアップして提案書を事務局に提出した。

- ・計画タイトル「持続可能で安心安全な社会の実現に向けた革新的電子デバイス・電子機器統合的グリーン半導体プラットフォームの構築」
- ・提案者：小野寺委員代表、川原田幹事、波多野幹事、小柴委員、森委員
- ・ヒヤリング出席者：小野寺委員代表、川原田幹事、波多野幹事

2) 大型研究計画「持続可能で安心安全な社会の実現に向けた革新的電子デバイス・電子機器統合的グリーン半導体プラットフォームの構築」の提案内容（参考文献1）

① 計画の概要

地球温暖化や環境、エネルギー問題など、複雑かつ困難で全世界的な課題が顕在化している。環境保護と経済発展の両立を達成し持続可能で安心安全な社会の実現を目指して、本研究では電力・電子機器の消費エネルギーを極小化するための統合的グリーン半導体プラットフォームであるサイバー・フィジカル・エレクトロニクス（図2-1-1）を構築する。

本プラットフォームは、電子デバイス自体の省エネ化(Green of Electronic Devices)、さらにはその省エネデバイスを用いた電子システムによる社会の省エネ化(Green by ED)を図ることを目的とする。前者は情報を司る電子デバイス、および後者は電力を扱う電子デバイスの省エネ化に対応し、それぞれの課題を「情報系省エネ」と「電力系省エネ」とする。情報系省エネでは、集積回路の低消費電力化技術と光インターコネクション技術による情報システムの低消費電力化に取り組む。集積回路の超低消費電力化を、時間的かつ空間的な超細粒度のエネルギー制御にて実現し、高いピーク性能を保ちつつ平均消費エネルギーを極小化する。

る回路技術を開発する。情報デバイスの超低消費電力化により、省エネ時代に適合した持続可能な高度 ICT 社会の形成が促進される。

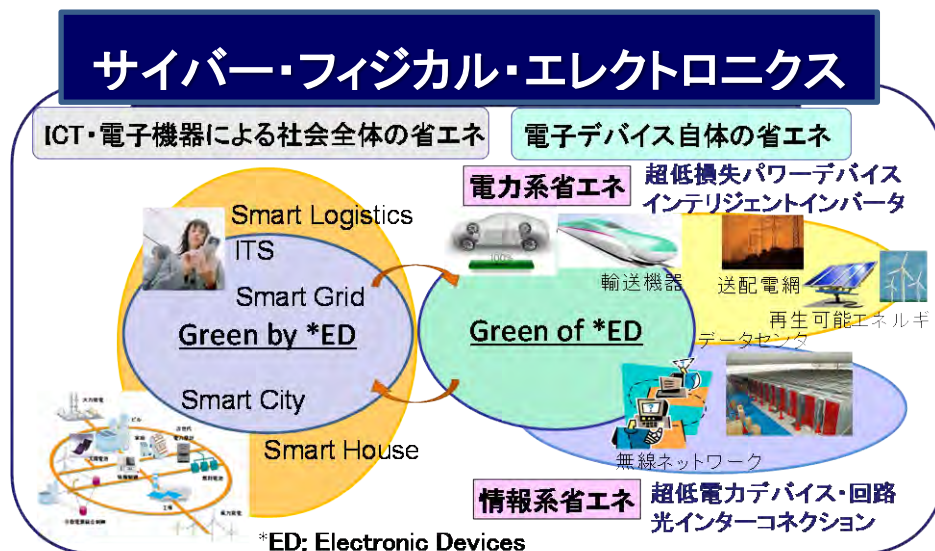


図 2-1-1 サイバー・フィジカル・エレクトロニクスの概念

(Smart Grid: スマートメーター等の通信・制御機能を活用して停電防止や送電調整のほか多様な電力契約の実現や人件費削減等を可能にした電力網、
Smart City: IT や環境技術などの先端技術を駆使して街全体の電力の有効利用を図ることで、省資源化を徹底した環境配慮型都市)

電力系省エネでは、シリコン以外の半導体を利用して低損失パワーデバイスの開発に取り組む(図 2-1-2)。特にシリコンカーバイド、窒化ガリウム、酸化ガリウム、ダイヤモンドなどのワイドギャップ半導体が有する優れた物性を最大限に活用して、超低損失のパワーエレクトロニクス、さらに熱や放射線性に強い環境・極限エレクトロニクスにおけるイノベーションを創出する。このためのワイドギャップ半導体の基板、デバイス、回路技術に係る基盤研究を総合的に進める。

わが国では、これまで半導体技術を支えてきた有能な数多くの研究者がシニア世代に入ってきている。本大型研究計画では、これらのシニア世代の研究人材を積極的に活用することを提案している。こうした取り組みは、同時に頭脳・技術流出を防ぐ防波堤の役割を担うと期待される。

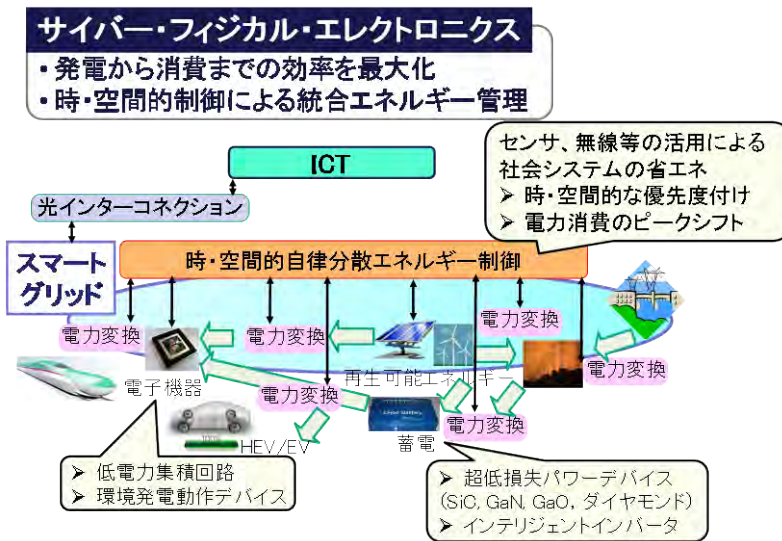


図 2-1-2 サイバー・フィジカル・エレクトロニクスの構成

(参考文献 1)

・提言「第 22 期学術の大型研究計画に関するマスタープラン」(マスタープラン 2014) 平成 26 年(2014 年)2 月 28 日、日本学術会議、科学者委員会、学術の大型研究計画検討分科会

・日本学術会議ホームページ

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/division-15.html>

2014-3-12 第 22 期学術の大型研究計画に関するマスタープラン 付属資料(区分 1)
計画番号 180 学術領域番号 29-3

② 学術的な意義

本研究は、環境・エネルギー問題を解決するためのグリーンイノベーションを直接実現するものである。現在、日本の全消費電力量の過半数は産業用モータ等の動力系で消費されている。情報機器の消費量は現状では 5%程度であるが、2025 年には現在の 5 倍以上に増加して全電力消費量の 20%を越えるとも予測される。本研究は、産業用(動力系)電力量と情報機器の電力使用量の両者を大幅に削減するもので、学術的な意義とともに産業的な価値も極めて高く、人類が直面する地球温暖化や資源枯渇問題への有力な対策技術となる(参考文献 2)。

集積回路の超低消費電力化により、自然エネルギーのみで動作する情報システムの実現も可能となる。社会のあらゆるものに情報機器を埋め込みネットワーク化することにより、新たな価値の創出や安全・安心で競争力の高い社会システムの実現が期待される。一方、交流・直流の変換や変圧など電力を効率よく制御する電力系電子デバイスの用途は、環境対応車(ハイブリッド・電気自動車)、産業機器、鉄道、太陽・風力発電システム、送変電装置、白物家

電など幅広い。パワーデバイスの超低損失化により、原子力発電所 7-8 基分のエネルギー削減が可能との試算もある。

本計画実施により、Green of Electronic Devices と Green by ED の個々の学術領域を超え、物理、材料、物性、デバイス、回路、システムまで統合した革新的な学際領域が創生されることになり、我が国の学術の発展に大きく寄与する。また地球規模の課題とニーズを的確に把握し、社会・産業界のグリーンイノベーションを先導することが可能となる。すなわち、我が国の国際競争力の強化に直接的につながり、復興・再生への貢献もきわめて大きい。(参考文献 2)。

(参考資料 2)

大橋 弘通、葛原 正明、編集、半導体デバイスシリーズ 4、「パワーデバイス」丸善出版、平成 23 年

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

集積回路の低消費電力化に代表される情報系省エネは、需要が急増しているスマートフォンなどの携帯情報端末において商品競争力に直結する課題であるため、主に産業界で重点的に取り組まれてきた。しかし直ちに製品に組み込み可能な対処療法的な取組みが多い。一方電力系システムの低損失化として、ワイドギャップ半導体のシリコンカーバイドや窒化ガリウムデバイスの研究開発が、米国、欧州、アジアで多くの国家プロジェクトが立ち上がり、企業も予算を投入するなど、極めて活発に推進されている。

本研究計画は、情報系省エネ技術開発(図 2-1-2 左、右上)と電力系省エネ技術開発(図 2-1-2 右下)を統合する新規提案である。まず、情報系省エネ技術開発では、現在のメインストリームである CMOS 集積回路の低消費電力化を対象とし、それを上位階層としてチップ内、チップ間、ボード間、装置間などの近距離相互接続に光通信を用いる光インターコネクション技術、さらにセンサ、無線を加味した革新的低消費電力化技術を開発する。情報系省エネ技術開発(図 2-1-2 左、右上)では、大口径ワイドバンドギャップ半導体基板、ナイトライド系、酸化物系、炭素系物質の長所を抽出し、相補的に融合した低損失パワーデバイスおよびインテリジェントインバータ回路等を開発する。

④ 所要経費

総額 365 億円(10 年間)。

(1) シニア研究者・技術者人件費 70 億円

(700 万円×100 人×10 年)。

(2) グリーン半導体プラットフォーム構築経費 90 億円

各拠点における研究設備費：50 億円

(新規導入：システム性能評価システム，パワーデバイス基板製造設備など)。
拠点研究環境構築費：40 億円 (各拠点施設の改修整備)。

(3) グリーン半導体プラットフォーム運営経費 205 億円

統合的試作拠点：200 億円 (2.5 億円/年×8 拠点×10 年)

運営事務局：5 億円 (0.5 億円/年×10 年)。

⑤ 年次計画

(1-3 年次)

「情報系省エネ」

革新的低消費エネルギーCMOS 回路を実現するための要素技術開発、低消費エネルギー要素回路(ロジック，メモリー，光集積回路)の開発、電源・基板電圧調整回路の開発、性能モニタ回路の開発。革新的光インターコネクション、プラズモニック光導波路，マルチコア光ファイバ、フューモード光ファイバ，フォトリソニック結晶ファイバ，フォトリソニックバンドギャップファイバなど、光配線のための基礎学理確立。

「電力系省エネ」

物質相補的低損失パワーデバイス、各種ワイドギャップ半導体の長所を抽出、ハイブリッド化の可能性と課題、パワーデバイス試作。

(4-6 年次)

「情報系省エネ」

エネルギー制御アルゴリズムと自然エネルギー採取技術の開発、リアルタイム OS (オペレーティングシステム) によるエネルギー管理技術開発、多様な自然エネルギーの分散協調利用技術開発、低電力，超高速，超高密度集積が可能な光インターコネクション用光導波路基板技術，光配線との高効率接続技術の開発。

「電力系省エネ」

パワーデバイスとして期待されている各種物質の特質を見極め、それらの優れた特性を巧みに組み合わせた、物質ハイブリッド化。

(7-10 年次)

「情報系省エネと電力系省エネの統合」

集積回路の低消費電力化技術の完成、光電子ハイブリッド集積回路のプロトタイプの実現、物質相補的低損失パワーデバイスの試作。

開発した低消費電力化技術の改善とともに、再生可能エネルギーの効率的採取・貯蔵システムとの効率的連携。再生可能エネルギーのみで動作可能な情報システムの構成技術を示す。また、開発技術で大規模システムのエネルギー管理技術に展開。

⑥ 主な実施機関と実行組織

「情報系省エネ技術」

京都大学(全体取りまとめ), 東京大学(テスト回路設計支援とデジタル回路のロジック部を主に担当), 東京工業大学(主に RF 回路を担当), 神戸大学(主にメモリ回路を担当), 大阪大学(超低電圧回路設計技術を担当)など。

光インターコネクション技術は, 北海道大学(光配線設計), 東京大学(光電子ハイブリッド集積回路), 横浜国立大学(シリコンナノフォトニクス), 京都大学(フォトニック結晶導波路), 産業技術総合研究所, 情報通信研究機構, 関連企業の研究所などで, オールジャパン体制を構築する。

「電力系省エネ技術」

名古屋大学(GaN デバイス取り纏め, SiC 液相バルク成長), 京都大学(SiC デバイス, 酸化ガリウム), 大阪大学(GaN 液相バルク育成, GaN・SiC 加工), 東京工業大学(パワーデバイスシステム, SiC・ダイヤモンドパワーデバイス), 早稲田大学(ダイヤモンドパワートランジスタ), 産業技術総合研究所(GaN デバイス, SiC デバイス, ダイヤモンドデバイス), 物質材料研究機構(ダイヤモンド成長), 関連企業の研究所や事業部などで, オールジャパン体制を構築する。

⑦ 社会的価値

本計画は, 全世界的な人類共通の課題である「環境・エネルギー問題」に直接答えるものである。社会・産業界のグリーンイノベーションを先導することが可能となり, 我が国の国際競争力の強化に直接的に大きく貢献する。また, 情報システムの高度化やユビキタス環境の実現により, 物理世界とサイバー世界の高度な融合を可能とし, 新たな価値の創造や既存産業の競争力強化, ビッグデータ活用による付加価値創出や社会コストの削減などを可能にする。現在, LSI はマルチコア化によって高速化が図られているが, チップは大型化し, 電気配線の消費電力や信号速度の問題が顕在化しつつある。光配線は, 消費電力を電気配線の10分の1程度にまで削減でき, 電気配線を上回る伝送速度が期待できることから, 適切な広報活動を通して, 広く国民の理解を得ることは可能である。電力を効率よく制御するパワーデバイスの用途は、ハイブリッド・電気自動車, 産業機器, 鉄道, 太陽・風力発電システム, 送変電装置, 白物家電など幅広いが, 国民にその使用状況を公開する必要がある。

⑧ 本計画に関する連絡先

波多野 睦子(東京工業大学理工学研究科電子物理工学専攻) hatano.m.ab@m.titech.ac.jp

(2) 科学・夢ロードマップ

1) 夢ロードマップについての作成方針と関連学会

① 経過

経過 1: 電気電子工学委員会の活動の一つに夢ロードマップの作成があり、2013年4月に、上部委員会である第三部委員会から、各分野別委員会に対して、ロードマップ作成に関する依頼があった。

依頼内容

1. 各分野別委員会と関係学協会は、当該分野における(21期委員で作成された)理学・工学分野における科学・夢ロードマップの改訂作業を連携して行い、改訂版を、第三部拡大委員会に提出。
2. 第三部拡大委員会は、諸調整・審議を行った後、「理学・工学分野における科学・夢ロードマップ2014」として公表。
3. スケジュールとして、2014年4月に完成、2014年8月頃幹事会の承認後、報告を公表。

経過 2: 第三部委員会の依頼を受け、夢ロードマップ作成に対して、学会との連携が必須であることをふまえ、2013年7月17日に電気系5学会との懇談会を実施、夢ロードマップ作成に協力依頼・了承。各学会から夢ロードマップ作成のための委員を選出し、ロードマップ小委員会を設置。

経過 3: ロードマップ小委員会での基本的提案

- ・ 前回(2011年3月提出)の電気電子工学分野のロードマップは、主に、電子通信学会と電気学会が作成。今回は、前回のロードマップをベースとして、改訂する。
- ・ 分野を、「電力応用」、「計測制御」、「情報通信」、「照明」、「映像情報メディア」、「光・電波」、「電子デバイス」に分け、それぞれ関連する学会で作成したロードマップを活用。
- ・ 加えて、電気電子工学全体のマップ(「全体マップ」)を作成。
- ・ 今回のロードマップには、東日本大震災(2011.3.11)を受けて、その内容に取りこむ。
- ・ スケジュールとしては、12月までに分野別のロードマップを作成、1~2月に全体マップの議論をして、3月に完成。

経過 4: ロードマップ小委員会での作成方針の議論

- ・ このロードマップはどのような使われ方次世代に示す。官庁の方への説明。WEBに公開。
- ・ ”夢“がついているので、若手にみてもらう“ことを意識して作成。投資判断の基準になるようなものにしたい。

独りよがりではない、ロードマップを読んでいただく多くの者に受け入れてもらえるようなものにしたい。

- ・理工離れが進む中で、明るい未来を描く。
- ・見てもらう対象は、理工学に興味をもっている大学初年度から就職するくらいの人をターゲットと想定。
- ・日本学術会議として提示するので、21期との継続性は必要。
- ・マップだけでなく、21期ロードマップ p 122に記載されているような、“その時代はこうあるべき”というメッセージ（参考文献3）。
- ・全体マップについては、関連学協会が出したものに新たな軸を作成。
- ・現在、わが国が抱えている科学技術分野の課題や将来像は、世界共通の認識というわけでもないので、ロードマップを公開することによって世界にも問いかけられるようにしたい。
- ・他の分野の人からも見ていただくことも想定。

（参考文献3）

日本学術会議「理学・工学分野における科学・夢ロードマップ」

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-21-h132.html>

9. 電気電子工学分野 p. 122

② 各分野と協力学会

「電力応用分野」	制御・パワー分科会、電気学会
「計測制御分野」	制御・パワー分科会、計測自動制御学会
「電子デバイス分野」	電子情報通信学会、デバイス・電子機器分科会、
「情報通信分野」	電子情報通信学会、通信・電子システム分科会
「照明分野」	照明学会
「映像情報メディア分野」	映像情報メディア学会
「光・電波技術分野」	URSI 分科会、電子情報通信学会
「医療情報電子分野」	日本医療情報学会、電子情報通信学会、日本生体医工学会

③ ロードマップ小委員会 委員

委員長	大橋 弘美 (NTT)
電気学会	栗原 郁夫 (電力中研)
電子情報通信学会	加藤 正文 (富士通研)
映像情報メディア学会	伊藤 泰宏 (NHK - ES)
照明学会	明石 治朗 (防衛大)

計測自動制御学会	三平 満司 (東工大)
制御・パワー分科会	金子 真 (阪大)
デバイス・電子機器分科会	川原田 洋 (早稲田大)
通信・電子システム分科会	荒川 薫 (明治大)
URSI 分科会	小林 一哉 (中央大)
医療電子分野	河野 隆二 (横国大)

2) 科学・夢ロードマップ (電子デバイス・電子機器関連)

電気電子工学分野の夢ロードマップから電子デバイス・電子機器分科会に関連するところを抜粋している。電気電子工学分野を電力応用と情報通信の2つに分け、それぞれの技術における電子デバイス・電子機器の夢ロードマップとなっている。電気電子工学における科学・夢ロードマップ概要を図2-2-1に示す。

①電気電子工学分野

(i) 電気電子工学分野のビジョン

電気電子工学は、国民が快適な社会生活を営む上で不可欠な多くのインフラを支える基礎学問と位置付けられる。すなわち、新幹線や列車、自動車などの移動手段、照明、映像機器、情報通信ネットワーク機器、空調設備、エネルギー設備、テレビを始めとする家電製品、医療設備等々数え切れないほど多くのものが電気エネルギーにより動かされ、コンピュータにより制御されている。また、インターネットやテレビ、ラジオ、携帯電話などは、すべて情報を正確に高信頼度で提供する固定通信・移動通信・放送のネットワーク技術によって支えられている。

30年後の将来に向けて、クリーンな電気エネルギーが安定に供給され、CO₂削減に配慮して電気エネルギーが有効に利用され、さらには固定通信・移動通信・放送の垣根が取り払われ、誰もがどこに居ようと必要なときに特別な知識がなくても、必要な情報が得られ、臨場感あふれるコミュニケーションが行える情報通信ネットワークが提供されることを目指している。そして、様々な要素技術を高度に発展させることで、安心・安全で豊かな生活を支える様々な産業技術、医療技術が構築されることを目指している。

(ii) 電気電子工学分野のロードマップ

最初に、電気電子工学分野の全体マップを示す。電気電子工学分野の目指すべき方向を「社会の根幹となる知の創出」「生命を育む環境の理解」「カーボンフリー社会の実現」「安全・安心社会の実現」「快適社会の実現」の5つとして、その目指すべき要素技術を示すとともに、社会への貢献として目指す方向を示している。電気電子工学分野は、基礎となる学問分野が広範なため、全体マップに続いて、電力応用、システム・制御、電子デバイス、情報通信、

照明、映像情報メディア、光・電波技術、医療情報電子の分野に分けて、ロードマップを示すことにする。以下、それぞれのロードマップについて考え方を示す。

② 電力応用の電子デバイス・電子機器 夢ロードマップ

(i) 基礎・材料・共通分野

基礎・材料・共通分野は、電気工学の応用分野である「電力・エネルギー」、「電子・情報・システム」、「産業応用」、「センサ・マイクロマシン」などの、いずれにも共通する基盤学術を広範囲に取り扱うとともに、先端的基礎技術についても幅広く取り扱うことにより、電気工学の発展の先導的役割を果たそうとしている。その活動内容は広範であるが、キーワードをあげれば以下のようなよう。

「教育・研究」、「電磁界理論」、「プラズマ」、「電磁環境」、「パルス電磁エネルギー」、「放電」、「光応用・視覚」、「計測」、「誘電・絶縁材料」、「金属・セラミックス」、「マグネティックス」、「電気技術史」

これらの分野を基礎として、更に新しい分野を開拓していくことを目指している。特に、応用分野が明確になっていない新技術についても積極的に取り上げ、このような技術の応用が確定するまで育てることも、重要な任務と考えている。具体的には、プラズマプロセッシングによる新材料の創生、パルスパワー技術を用いた環境改善・新医療技術の開発、耐電磁環境技術の確立による安全・安心な ICT 社会の構築、テラヘルツ波などによる革新的計測技術の実現、超電導応用による電力供給の安定化・効率化などがあげられるが、これらはほんの一例であり、基礎・材料・共通分野には、未来に向けたテーマが数多くあり、そのような夢のある研究テーマの提案・推進を積極的に図っていく。

(ii) 電力・エネルギー分野

電力・エネルギー分野は、社会基盤・産業基盤を支える電力の供給とその利用に関連した電力系統、電力自由化、発電、送配電、変電、直流送電、パワーエレクトロニクス、分散型電源、スマートグリッド、監視・制御システム、電力ケーブル、絶縁、高電圧、開閉保護装置、超電導機器、エネルギー変換・貯蔵装置、新エネルギー、電力品質、電力用設備および機器を研究対象としている。

電力の供給に関して、化石燃料を使用する火力発電所については石炭ガス化複合発電（IGCC）をはじめとした高効率化技術の進展や、メタンハイドレート、シェールガスといった燃料の多様化が図られながら継続する。一方、再生可能エネルギーについてはメガソーラ・風力発電の立地の多様化や大容量化に伴いその割合は増加する。電力品質上では課題の残る再生可能エネルギーの増加ではあるが、社会基盤・産業基盤を継続的に支えるべく、自然エネルギー電源の広域連系や電力貯蔵技術による安定化、電力流通設備の分散型電源への速やかな対応、スマートグリッドをはじめとした監視・制御システムの高度化により安定した電力系統の構築、維持をめざす。

一方、電力利用に関しては環境負荷の低減に寄与するべく、その高効率化を目指す。直流送電や超電導技術を用いた低損失・長距離・大容量の電力輸送の適用拡大とあわせ、新素材新技術の適用による電力用設備・機器、パワーエレ機器の高効率化、高信頼度化により、効率的な電力利用をめざす。

(iii) 産業応用分野

産業応用分野は、持続可能な社会の構築に貢献する電気技術を対象とする技術分野である。その技術領域は、パワーエレクトロニクス・制御・電気機器などの基礎技術から、交通運輸・産業・社会システム・家電民生などへの応用技術まで、幅広い範囲を受け持つ。最新の話題は、グローバル化社会にふさわしい環境・エネルギー技術（省エネ、新エネ、蓄エネ、リサイクル、省資源）と、健康で快適な生活を支える社会システム・インタフェース技術の革新であり、キーワードとして以下が挙げられる。

基礎技術：

- ・半導体電力変換 ・モータドライブ ・産業計測制御 ・回転機 ・リニアドライブ ・メカトロニクス制御

応用技術：

- ・交通・電気鉄道 ・自動車 ・ITS (Intelligent Transport Systems) ・家電・民生
- ・ものづくり ・次世代産業システム ・公共施設 ・生産設備管理

電気を有効に使う技術から、新たなエネルギーを作り出す技術まで、今後ますます広い範囲での発展が期待される。

(iv) パワーデバイス分野

パワーデバイス分野は半導体素子を用いて大電力変換を行う分野を研究対象としている。素子の開発がベースとなり、電力応用、産業応用を目指している。素子としては至近ではパワーICとして、シリコンチップ上に高耐圧の酸化物系デバイスの搭載が始まる。またIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) としては電流密度の向上と動作速度の向上が期待される。WBG (Wide Band Gap) パワーデバイスの普及拡大が期待され、パワーデバイス市場の10%程度に達すると見積もられる。SiC-MOSFETでは低オン抵抗化が進む。中期的にはパワーICはシリコンチップ上酸化物系パワー素子で1200Vまで対応が可能となる。シリコンデバイスとしては性能限界に到達する。WBGパワーデバイスは普及拡大し、民生、産業分野に適用される。SiCに関してはMOSFETは性能限界に漸近し、IGBT等の量産化が開始される。一方で、GaN-FET/HEMTがSJ-MOSFETの置換えとして開発が進む。またダイヤモンドパワーデバイスが登場する。長期的にはWBGパワーデバイスが一般化し、パワーデバイス市場の50%に到達する。一方でWBGパワーデバイスにおいて、GaN-FET, SiC-MOSFET, SiC-IGBTでの棲み分けが進む。ダイヤモンドパワーデバイスは超高耐圧、超高速特殊用途で使用が拡大する。パワーデバイスの応用に関しては、至近年ではシリコンIGBTを用いた直流連系等の

電力変換装置や再生可能エネルギー用 PCS (Power Control System) の普及拡大が見込まれる。また、SiC を用いたタップ切替器等のスイッチ応用が想定される。中期的には SiC を用いた配電系統用 FACTS (Flexible AC Transmission Systems) 機器などの普及が見込まれる。長期的には電力ネットワークにおける発電、蓄電、送配変電機器に低損失のパワーデバイスの幅広い適用が始まり、SiC を用いた直流連系などの電力変換装置の開発が進む。(参考文献 4)

パワーデバイスの産業応用に関しては、至近年では SiC, GaN 適用機器として家電製品、鉄道用インバータ、自動車用インバータ、各種 PCS の製品化が開始される。中期的には、これらのより高出力、高電圧、高周波用途への適用として、普及拡大が見込まれる。長期的にはさらに出力パワー密度の向上が進展し、ダイヤモンドパワーデバイス適用機器の製品化が期待される(参考文献 4、5)。

(参考文献 4)

松波 弘之、大谷 昇、木本 恒暢、中村 孝、編著
「半導体 SiC 技術と応用」、日刊工業新聞社、2011 年

(参考文献 5)

藤田静雄、「ワイドギャップ半導体材料」
応用物理、vol. 82, No. 10 (2013) p. 836

③ 情報通信の電子デバイス・電子機器 夢ロードマップ

(i) 電子デバイス分野のロードマップ

電子デバイスは、情報分野を中心に展開するが、それだけでなく、エネルギー、バイオにも、現在よりも広く適用される。これらの分野について 2050 年ごろまでの状況をキーデバイスから概観する。

情報では、論理演算、高周波(高速)処理、量子情報処理、記憶、表示、撮像、高温・放射線環境に分けて、それぞれのカテゴリーを象徴するデバイスを挙げる。トランジスタ微細化で動作の物理的限界に達するが、論理演算を行う回路は、Si デバイスの 3 次元化や Si 以外の半導体による CMOS 技術により、デバイスシステムとして発展が続く。微細化における設備投資の増大で、微細化そのものは経済的成長限界まで進展する。高周波ではテラヘルツ送受信デバイスが実用化され、光技術とのシームレスな情報変換が実現する。また、テラヘルツ波による分子認識技術という新領域が創出される。量子情報処理では、高感度高精度量子状態検出技術を基礎にオンデマンド量子もつれ生成制御素子の開発が進む。記憶素子として、現在黎明期の MRAM (Magnetoresistive Random Access Memory) の超高集積化、量子スピンメモリシステムが開発される。表示では、フレキシブル 2D 表示ディスプレイが普及し、ホログラフィック 3D ディスプレイ等により仮想現実が提供される。撮像素子としては、スーパ

ーハイビジョン用表示が定着し、高精細立体画像取得が可能となる。さらに、人の表情等からその場の雰囲気や伝達する撮像素子が開発される。高温・放射線下での動作可能な集積回路が宇宙探査や原子炉の解体作業にて活躍する。

エネルギーでは、光電変換、電力変換、エネルギー伝送、蓄電のデバイスで新たな展開がある。光電変換として、高効率太陽電池はもとより、人工光合成、植物を凌駕する太陽光利用素子が出現する。電力変換では、現在実用化が開始した SiC 素子の微細化、集積化による超小型超低損失インバータの利用、さらにワイドバンドギャップの半導体でのパワー素子が実用化される。エネルギー伝送での超伝導技術利用、室温超伝導素子が開発される。蓄電では、集積積層型蓄電池が実用化される。

バイオ応用では、診断・センシング、ドラッグ、手術・局所化学反応において電子デバイスが新たな応用分野を開拓する。診断・センシングにおいて DNA シーケンサが業務用から家庭用と小型低価格化が進む。たんぱく質の高感度検出により、初期癌の検出センサ、家庭用食品履歴検査チップが実用化される。ドラッグでは、極微小センサ・アクチュエータによるアクティブドラッグデリバリーが開発される。手術、局所化学反応における生体分子切断用超小型紫外線レーザーが利用される。

(ii) センサ・マイクロマシン技術

21 世紀は、応用志向の研究開発とナノテク、量子効果に関わる大きなセンサ技術工学が発展し実用化される。今まで実現できなかったセンサと機械工学を農林業に応用し、自然環境を適切に管理し、食料増産につながる植物工場などで、ロボット農林機械工学の発展が期待される。一方、電力・エネルギー分野では、電気センサ工学の進展による電気エネルギー供給の電子化・スマート化が必須であり、如何様な電源電力需要にも瞬時に応えられる電力センサ工学による省エネルギーネットワークの実用化が求められる。

社会インフラの安全安心技術分野の中で、21 世紀グリーン輸送手段（鉄道における温室効果ガスの排出量は自動車の 1/10）として、人車混載で、時速 200km 走行の輸送手段が、21 世紀の省エネ輸送手段として実用化されよう。さらに、工学分野（産業機械、自動車、鉄道車両、都市インフラ）の進展も大きい。こうしたニーズに応えるため、超電導体応用工学・技術の確立など含め新規センサ・アクチュエータ工学に進展が必須となる。

集積回路技術・MEMS 技術・通信技術とバイオ・医療技術が融合すると、各自が病院などに行かなくても、家庭で簡単に生体情報を取得できるようになり、健康管理、在宅医療、予防医療の進展に貢献しよう。体内埋め込み型の超小型センサによる疾病の監視、マーカー検出、投薬システムの開発が進展し、病気の予防、難治疾患の治療が進展することが期待される。

(iii) 照明分野のロードマップ

照明学会は、照明に関する学理及びその応用に関する研究調査並びにその成果や知識の交

換により、学術、技術、文化及び関連事業の振興と社会の発展に寄与することを目的としている。研究分野は、光源・照明システム、固体光源、視覚・色・光環境、光放射、計測・標準、照明デザイン、環境・エネルギーの分科会活動により躍動的な展開を図り、さらに照明学会が発展する礎ともいえる照明教育の普及による人材育成、社会への発信と啓蒙活動を行っている。

以下の重点課題に取り組み、事業活動を推進する。

1. 照明文化の持続的な発展と社会貢献
 - (1) 照明に関する標準・規格事業の推進
 - (2) 発展する照明科学技術の社会啓発
 - (3) 異業種・異分野連携による新しい照明文化の創成
2. 照明教育の普及による人材育成
 - (1) 照明教育支援システムの開発と導入
 - (2) 新規会員の獲得と通信教育受講者の拡大
3. 固体照明の取組強化
 - (1) LED 照明に関する標準化の積極的推進
 - (2) 学協会、産業界との連携拡大

(iv) 映像情報メディア分野のロードマップ

映像情報メディアの分野においては、「映像体験の高度化」が夢ロードマップにおける根底となるテーマである。2014 年現在は、臨場感の向上をめざし、高精細・高臨場映像として現在のテレビの 4 倍も高精細な(4k)映像、高フレームレート、バーチャルリアリティが、立体映像としては 2D の任意視点画像、二眼立体、多視点立体などが展開されている。表示装置として、100 インチ級高精細ディスプレイ、タブレット型端末、電子ペーパー端末が実現している。これらを支える映像情報の撮像・記録・伝送技術として、33M 画素の画像撮像、1TB の記録容量、100Mbps の伝送速度が可能になってきた。2020 年～2030 年には、より高度な臨場感をめざし、超高精細映像 (8k/4k)、光学像再生型立体映像が展開される。表示装置としては、低消費電力の 100 インチを超える超大型ディスプレイ、シースルー眼鏡型ディスプレイ、シート型ディスプレイ、透明ディスプレイなど使用シーンに応じた様々なディスプレイ、さらには本格的な触覚端末が実現するであろう。これらを支える映像情報の撮像・記録・伝送技術として、300M 画素の画像撮像、1PB の記録容量、100Gbps の伝送速度が実現するであろう。

2040 年には、究極的臨場感の実現をめざし、地球上のあらゆる出来事を過去にも遡って見ることが出来る映像システムである地球ライフログが展開されるであろう。また、究極の情報量を持つ立体映像の再現が可能な空間画像ディスプレイも実現するであろう。これらを支える映像情報の撮像・記録・伝送技術として、3G 画素の画像撮像、100PB の記録容量、100Tbps の伝送速度が実現するであろう。あらゆるシーンを究極の臨場感で撮像・記録・伝送・表示

できるようになり、放送や通信を通じてあたかもその場にいるような高度な映像体験が可能となるであろう。

映像体験を高度化する画像入出力や記録伝送の進化に伴い、映像信号処理や映像の活用も高度化する。信号処理の例である符号化では 2014 年現在、動き補償予測付き変換符号化が進化した HEVC (High Efficiency Video Coding) 標準方式が使われている、将来は、光線空間全体の符号化、認識・合成符号化が開発され、本格的に使われるだろう。

また、映像の活用として、高臨場感映像による医療の高度化、高速かつ高感度の撮像技術による自然現象や物理現象の解明、画像認識技術によるユーザーインターフェースの進化、自動運転やインテリジェントな監視・見守りシステムなどが安全で安心な社会を支えるだろう。

(v) 光・電波技術分野のロードマップ

20 世紀に花開いた電波科学およびその応用である光・電波技術は、21 世紀に入ってさらにその重要度を増している。研究対象としては、光・電波の放射と伝搬に関する基礎理論、光・電波の計測技術とそれを支えるデバイス技術、応用技術としての無線通信やリモートセンシング、電離圏から宇宙まで広く地球外の現象を明らかにする物理学への貢献、生体への影響および医療への応用、そして複数の応用分野にまたがる干渉や共存、といった様々なものがある。目に見えない電波を計算機によりシミュレーション・可視化する技術はますます進歩を遂げ、電波の振る舞いを様々に操るメタマテリアル技術も無線通信を初めとして様々な用途に使われるようになるであろう。

光の周波数と時間を高精度で測定する光コム技術は、周波数や時間の基準となるだけでなく、長さや材料特性などの測定、離れた点でのタイミングの同期、さらには大容量・長距離の光通信などへの応用が期待される。半導体微細加工技術の進歩は、無線通信の高速大容量化の支えとなっているが、さらに光の領域にまで集積化が進むことが期待される。また光量子デバイスは、絶対的な安全性が保証されている量子暗号通信の実現に欠かすことができない。

実用化が始まったワイヤレス給電は、より大容量で遠距離を結ぶ無線電力伝送へと発展することが期待される。これにより、家庭から通信と電力のための配線が消え、太陽光発電・風力発電の施設から送電線が消える日がやって来るかもしれない。様々なセンサが無線で結ばれるセンタネットワークが普及し、環境や構造物、さらには人体内部に至るまでの詳細な情報をリアルタイムで収集することが可能となり、スマート社会実現に向けた情報基盤の一部をなすものと思われる。スマートフォンへと進化した携帯電話は、より高速大容量化するとともに、より高度なユーザインターフェースやライフログ（注1）の取得を目的としたウェアラブルデバイス（身につけて持ち歩ける端末）と連携し、生活の中により深く入り込んでくるものと思われる。

電波が人体の健康に与える影響の理解が進むだけでなく、電波を用いた非接触のモニタリ

ングや高度なイメージング、電波の照射による癌の治療が進むと期待される。また、生体への埋め込みチップが実用化し、さらには細胞規模の微細化や生体代替機能の実現なども期待される。地球環境を観測するための技術も発展し、降水・雲・雷・大気の循環などを高い分解能で観測するレーダや干渉計が地球全体を網羅することで、天気予報や雷災害警報の高度化が図られるであろう。さらに電離圏・磁気圏など地球や惑星周辺の宇宙空間の計測技術が高度化・高性能化し、宇宙の天気予報や太陽活動の予測も可能となろう。特に、高エネルギープラズマが飛び交っている放射線帯の生成・消失のメカニズムが電波とプラズマの詳細な観測により明らかとなり、予測可能となることで、人工衛星の故障防止など宇宙開発における安全確保への貢献も期待される。

(注1) ライフログ : Lifelog とは、人間の生活・行い・体験 (Life) を、映像・音声・位置情報などのデジタルデータとして記録 (Log) する技術、あるいは記録自体のこと。 **ライフログ**とは、人間の生活を長期間に渡りデジタルデータとして記録すること、またその記録自体を指す。

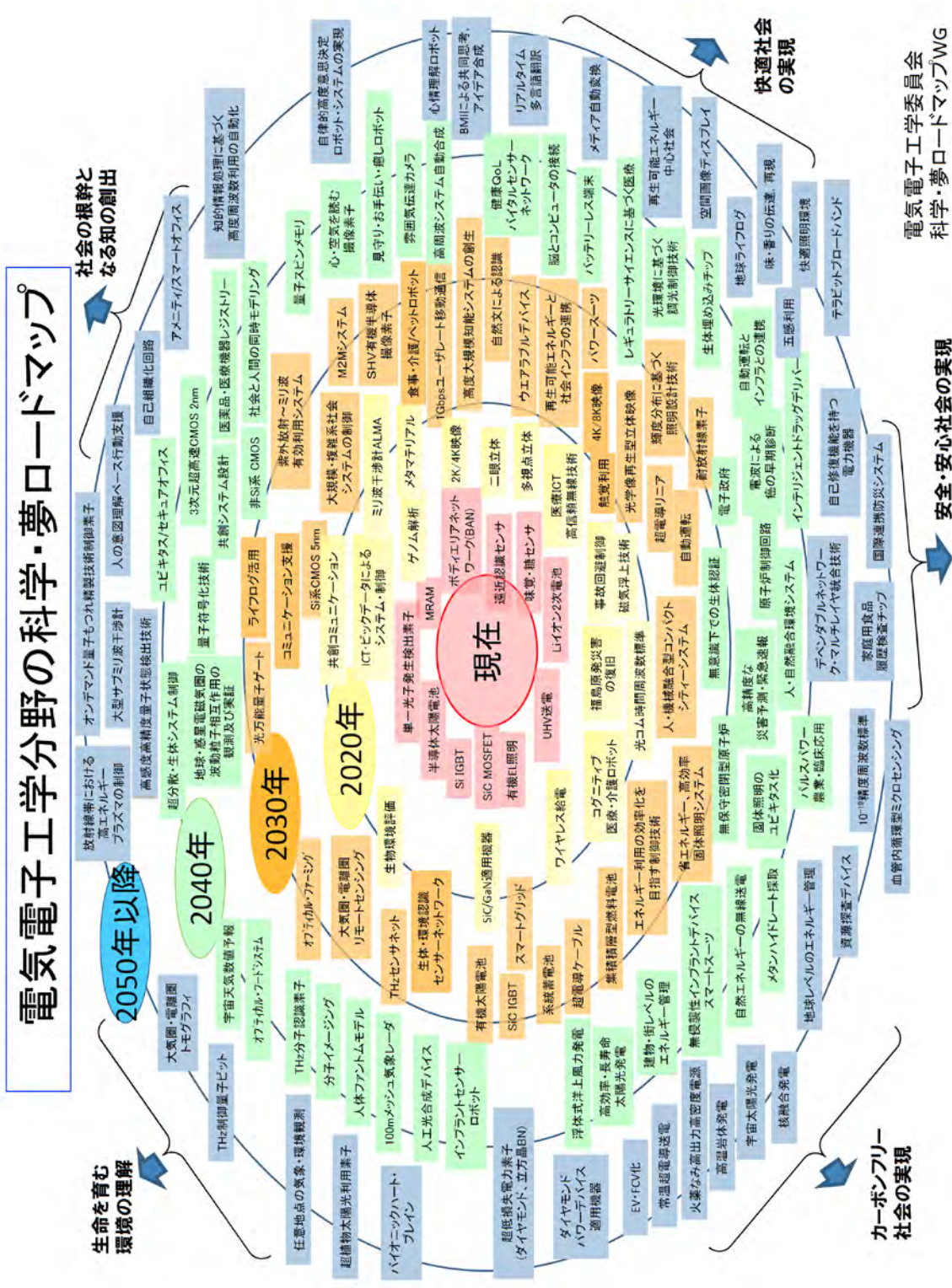


図 2-2-1 電気電子工学における科学・夢ロードマップ概要

電気電子工学委員会
科学・夢ロードマップWG

安全・安心社会の実現

快適社会
の実現

カーボンフリー
社会の実現

3. 電気電子工学分野の参照基準

「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準—電気電子工学分野」

(1) 経緯と概要

電気電子工学分野の参照基準は、電気電子工学分野の参照基準検討分科会において 2013 年 9 月より約一年をかけてまとめられ、報告「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準—電気電子工学分野」（平成 26 年）として最終案の作成に至った。まず、その経緯と概要について以下に簡単に紹介する。

先ずこれを纏める実務を担当したのは、「電気電子工学の参照基準検討分科会」と命名されたサブ委員会であり、これは、日本学術会議 電気電子工学委員会の下に作られたものである。委員長は第三部会員の保立和夫教授（東大）で、メンバーには三部の会員・連携会員、それに電気学会、電子情報通信学会、計測自動制御学会、情報メディア学会からの人々の参加も得て、このサブ委員会は構成されている。ミーティングは、一か月一回のペースで face-to-face meeting を行い、議論を深めて認識を共有するとともに、メール等で適宜意見の交換を行った。初期の議論が深まった時点で、各項目それぞれに担当者を決めてたたき台を作成し、これをもとに全員で議論を深めた。最後はこれらすべての議論を盛り込み、全体を統合する形で委員長が全体のまとめを行い、電気電子工学委員会の閲読を得て最終案を作成した。平成 26 年 7 月 12 日には、東京大学で公開シンポジウムを開催し、一般からの意見を募った。土曜日であったにもかかわらず 50 名を超す一般参加者を得て、活発な議論がなされた。この時の意見も反映させて最終案が出来上がった。

「参照基準」作成の目的は、以下のようなものである。21 世紀型の「協働する知性」を追い求めるとき、各学問分野はそのコアとなる部分を互いに共有することが重要となる。従って、各学問分野は、当該分野の「定義」を行ってそのコアとなる部分を抽出し、それが「社会とどうかかわるか」を明確にする必要がある。教育に関しては、各大学ではこれをもとに、それぞれの「教育理念」と「資源」に基づいて、それぞれのやり方で、教育の現場における具現化を行うことになる。

したがって、「参照基準」とは、「大学で何を学ぶのかを見える形にする」ものであり、21 世紀の大学の「あるべき姿」を描くものであるともいえる。「どのレベルまでを学ぶのか」を規定するものではなく、「何を学ぶのかというゴール」をハッキリさせることが目的であり、このことを念頭に置いて、この「参照基準」のまとめの作業が行われた。

この報告書が、「電気電子工学」をどのようにとらえているかを、あえて簡略化してまとめるなら、以下ようになる：

「電気電子工学」は、人間に必須の「エネルギー」と「情報」を対象としており、これを自由に操作・制御するための「エレクトロニクス」を含めこれら三つの要素からなっている。その制御の原理は、電磁気学・量子力学・数学に基づいているので、その精密度は他の学問とは比べ物にならないくらいに高い。また、人間社会のインフラを形成しており、人々の生

活とは切っても切れない密接な関係にある。また、物質を介さない情報伝達・制御も実現できるというユニークな特徴も持っている。(これは光・電磁波のこと)。

以上は、少々 simplify し過ぎの感を免れないが、オリジナルの「報告書」では以上のエッセンスが、精密な議論として展開され、且つ丁寧に説明がなされている。

「報告書」では、以下の項目に従って議論が展開されている：

- ・電気電子工学に固有の特性
- ・電気電子工学を学ぶすべての学生が身に付けることを目指すべき基本的素養
 - (1) 基本的な知識と理解
 - (2) 基本的な能力
 - 分野に固有の能力
 - ジェネリックスキル
- ・学修方法及び学修成果の評価方法に関する基本的な考え方
 - (1) 学修方法
 - (2) 評価方法
- ・市民性の涵養をめぐる専門教育と教養教育の関わり

(参考文献6)

報告「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 電気電子工学分野」
平成 26 年(2014 年)日本学術会議 電気電子工学委員会 電気電子工学分野の参照基準検討分科会(日本学術会議第 23 期において査読予定)

(2) 参照基準の概要(報告書(案)からの抜粋)

① 電気電子工学の定義

電気電子工学とは、その基盤を物理学と数学におき、電磁気学および量子力学の原理等を活用して電磁氣的現象、電子の振る舞い、電磁波・光波、量子等を自在に操り、また情報を数学的に表現してその伝送や処理を高度に行い、さらに大規模なシステムをモデル化し制御して所望の機能を実現する学術領域である。そして、その周辺の学術領域とも継続的に連携を深めていて広範な工学的成果を生み出し、人々に豊かな生活を提供するとともに、人類が将来へ向かって持続的に発展することを可能にするための中核的な役割を果たす学術領域である。

その広範な学術には、『エネルギー』を生み出し制御・供給する技術、通信技術や計算機技術を中心とした、安全・確実・高速に情報を伝達し高度な処理を行う『情報』の技術、さらにこれらを巧みに操りインテリジェントな機能を創出する『エレクトロニクス』の技術等が含まれ、これらは互いに密接に連携し、相互作用を通じて共に発展し続ける関係にある。つまり、電気電子工学では、人類にとって重要な『エネルギー』と『情報』とをその取扱う

「対象」と定め、この対象を自在に操る「手段」として『エレクトロニクス』を位置付けている。そして、材料・デバイス・回路・システム・コンピュータ・ネットワーク、さらにこれらの上位で扱われるメディア・コンテンツも包含する広範な学術領域を構築している。電気電子工学は、物理学、数学を融合的に取り入れながら、各々の目的に応じた高度な学術的手法に対し、これらを多くの人々が親しみをもって使いこなせるよう簡潔化した形式に翻訳し、提供する学問である。通信技術や計算機技術は電気電子工学の主要な分野であるが、そこで創成された情報を扱う学術は、近年、理系および文系に跨る幅広い領域を形成している情報学の中で重要な位置を占めており、また、情報社会の基盤となる光ファイバ通信は電子工学が光学と融合して形成したフォトンクス（光電子工学）の成果の好例である。このように異分野との交流・融合により新たな学問領域の創成に寄与することは、今後も電気電子工学に課せられた重要なミッションである。

② 電気電子工学に固有の特性

電気電子工学の役割は、人類が求めるあらゆる夢や必要な「もの」・「こと」に対し、電磁気現象をはじめとする様々な物理の原理と数学を活用して、これらを具現化・創出し提供することである。そのために人間生活にとって必須の『エネルギー』と『情報』を取扱う「対象」と定め、この対象を自在に操る「手段」として『エレクトロニクス』を位置付けている。

電気電子工学の基盤となるのは、物理学と数学である。これらにより実現対象に要求される性能・特質に応じて、その目的に最適な設計科学的手法（設計論と設計手法）を体系化し、提供する。ここで、さまざまなレベルの簡潔化・抽象化を行うが、電気電子工学の特質は、物理学、数学の原理・原則から一步一步着実に理論を積み重ね、その厳密な体系化のもとに簡略化・抽象化がなされていることである。この結果、各設計手法は高度な学術的技法を用いながらも、多くの人々が親しみをもって容易に使いこなせるように構成されている。これこそが電気電子工学の大きな特徴である。

人類が求めるものは極めて多種多様であり、その広範・多岐にわたる広大なダイナミックレンジを持つ人類の要求に対し、物理学、数学を駆使して様々なレベルの抽象化・概念化を階層的に行い、各々に対し最適な設計論を提供してきた背景には、電気電子工学が歴史的に備えている論理的思考に基づく方法論がその根本にある。この論理に基づく方法論を学生に体得させることが、電気電子工学の教育においてもっとも重要な事項のひとつである。

原子・分子の世界から出発して、極微細デバイス、これらを組み合わせた回路・システムから広帯域移動・固定通信ネットワークやコンピュータといった高度なシステム、さらにはこれらの上で取り扱われるメディア・コンテンツに至るまで、それぞれのレベルに応じた最適な抽象化を行い、その設計論を構築・提供しているのは、電気電子工学の大きな特徴であり、特質である。この全体像を統一して把握させることが、電気電子工学の教育において、もっとも重要な要素である。

電気電子工学は、物理学、数学を活用して、社会が必要とする「もの」・「こと」を作り出

す学術体系である。それ故に、これまでもそうであったが、将来にわたっても、境界領域・融合領域における新たな学術分野の創成に寄与していくことが求められる。これに対応できる人材の養成には、いたずらに幅広い知識を習得させる必要はなく、電気電子工学の基盤となる基礎学問と、新たなシステム構築・展開の基となる論理的な思考力を徹底して身に付けさせることが、何よりも肝要である。これこそが、新たな領域を開拓・発展させる原動力となる。

③ 電気電子工学を学ぶすべての学生が身に付けることを目指すべき基本的素養

1) 基本的な知識と理解

電気電子工学は、『エネルギー』と『情報』とを主に取り扱う「対象」とし、それらを自在に操るための「手段」として『エレクトロニクス』を中心とした材料、デバイス、ソフトウェアに関わる領域も包含していて、これら「対象」と「手段」とが絡み合って融合した極めて大きく立体的な領域をカバーする学術分野である。

この分野の学びを通して獲得すべき基本的な知識と理解としては、電氣的・磁氣的現象を個別現象間の相互の関連を含めて説明でき、これを抽象化でき、制御・応用する手法を説明できることである。情報を数学的に表現する手法ならびにそれを評価する手法、数学的に表現された情報を電氣的・磁氣的現象の変化に変換する手法と処理する手法も説明でき、システムの状態を把握して適切にこれを制御しつつ所望のシステム機能を実現する方法も説明できるべきである。これら各知識と理解をさらに抽象化・統合して、より大規模なシステム機能を実現する方法も説明できるべきである。これら本分野に固有の知識と理解と共に、数学ならびに物理学に関わる基礎的な事項についても説明でき、電気電子工学の社会における役割と責任が説明でき、母国語、国際語としての英語、プレゼンテーション力の価値も説明できるべきである。そして、社会が必要とする総合的で複雑な課題に関し、学士課程で習得する知識と理解を総動員してそれを解決する経験を積み、課題設定と課題解決の価値を説明できるべきである。

ただし、実際に各大学で学士課程を設計するに際しては、各大学の建学の精神や規模等に依りて、上記それぞれの獲得すべき知識と理解に最適な重みを付与して、学修者にとって過重とならない学修量を、各大学が自主的、自立的に設定する必要がある。

2) 基本的な能力

電気電子工学の学士課程で習得した知識と理解によって導かれることが期待される分野に固有な能力としては、電氣的・磁氣的現象とこれらを抽象化した知識と理解、これらを制御・応用する手法とを活用して、ある機能を示す材料、デバイス、機器等を、想起、設計、開発、実用化することができる。システムの状態を把握して適切にこれを制御しつつ所望のシステム機能を実現することもできる。また、情報を数学的に表現する手法ならびにそれを評価する手法、さらには数学的に表現された情報を電氣的・磁氣的現象の変化に変換する手法なら

びに処理する手法を活用して、新たな機能を示す機器、システム、サービス等を想起、設計、開発、実用化できる。そして、これら能力を総合的に活用して、生活の質を豊かにするシステムを社会に提供することができる。また、技術の公共性を理解し、工学倫理等に関する熟慮により、提供するサービス、システム、機器、デバイス、材料等が社会にとって真に価値があり、適切であるかの判断ができる。さらに、社会が必要とする解答が明確ではない総合的で複雑な課題に関して、これを設定して解決する能力を発揮できるようになる。

電気電子工学の学修によって体得する簡素化・抽象化の能力は、ジェネリックスキルとなる。システムの思考は巨大な検討対象をも俯瞰できる能力となり、本分野以外での仕事においても活用できる。母国語力、国際語としての英語力、双方向のコミュニケーション力が磨かれ、説明力、説得力、自己表現力、対人関係力が向上する。本分野では、材料、デバイス、システム、社会インフラストラクチャ（以降、社会インフラ）に及ぶ幅広い対象を扱うため、今後の社会にとって「何を作る」のが重要かということと「どう作るか」ということに対する感性を磨くこともできる。電気電子工学が創り出した新たな社会像についての可能性や限界を熟知した上で、未来への提言を行う能力も養える。

ここで、各大学の建学の精神や規模等に応じて、上記それぞれの獲得すべき能力に最適な重みを付与して、学修者にとって過重とならない学修量を、各大学が自主的、自立的に設定する必要がある。

3) 学修方法及び学修成果の評価方法に関する基本的な考え方

基礎知識を獲得し、思考力を養うための講義、獲得した基礎知識、思考力を実際に活用することで自分のものとするための演習・実験、および体験教育、さらに問題の発見・分析・解決力や答えの不定な課題へのチャレンジ精神を養うための課題研究を組み合わせることで、電気電子工学を学修することが望ましい。また、学生が意欲を持って勉学に取り組むことが出来るよう、透明で公正な評価体系を導入することが重要である。

4) 市民性の涵養をめぐる専門教育と教養教育の関わり

電気電子工学の果たすべき役割、ならびに社会からの期待を実現する人材を輩出するためには、電気電子工学の幅と厚みに対する理解と専門知識を身に付けるのみならず、社会への貢献にとって必須の統合した工学知を育むための広い教養が必要である。それらを身に付けた人材として社会に貢献するためには、様々な分野を担う人々と協働できる能力も持たねばならない。教養教育と専門教育とを通じた一貫した教育により、深い思考の基盤としての母国語力、国際語としての英語力、双方向のコミュニケーション能力を養うことも重要である。

4. 電子デバイス・電子機器における人材育成

持続可能で安心安全な社会の実現に向けた電気電子工学のグローバル人材育成に関して、広い視野と時間軸からアカデミアと産業界が一体となって忌憚なく議論する場として、シンポジウムを開催した。

(1) シンポジウムプログラム

 **日本学術会議 電気電子工学委員会公開シンポジウム**

イノベティブな社会の実現に向けた 電気電子工学のグローバル人材

グローバルな社会でさらにイノベーションを創生する人材育成に関して、進学、大学、就職、企業の時間軸でアカデミアと産業界が一体となり、忌憚のない議論をします。

2013年11月20日(水) 13:30~17:00 **日本学術会議講堂**
(開場: 13:00) 千代田線「乃木坂駅」5番出口徒歩1分

座長・司会: 波多野 睦子
(日本学術会議連携会員、デバイス・電子機器工学分会幹事、東京工業大学教授)

シンポジウム開催にあたって (13:30~)
小長井 誠 (日本学術会議会員、デバイス・電子機器工学分会委員長、東京工業大学教授)

講演 (13:40~)

アカデミア (13:40~)
保立 和夫 (日本学術会議会員、東京大学大学院工学系研究科 電気系工学専攻教授)
「電気電子工学の重要性とイノベーション人材の育成」
為近 和彦 (代々木ゼミナール 物理講師)
「電気系を希望する次世代人材を増やすには」

産業界 (14:40~)
“グローバル社会、ビジネスに向けた企業が求める人材像”
前川 篤 (三菱重工株式会社 取締役副社長執行役員)
「グローバルなエネルギー・環境ビジネスについて(期待されるグローバル人材とは)」
西野 壽一 (株式会社日立製作所 執行役専務)
「電気系企業からみたグローバル人材」

休憩 15:30~15:50

パネルディスカッション (15:50~)
“大学が担うグローバル人材育成と企業の求める人材像”
パネリスト: 各講演者 (保立 和夫、為近 和彦、前川 篤、西野 壽一)
オーガナイザー: 福井 孝志 (日本学術会議連携会員、デバイス・電子機器工学分会副委員長、北海道大学教授)

閉会のご挨拶 (16:55~): 川原田 洋
(日本学術会議連携会員、デバイス・電子機器工学分会幹事、早稲田大学教授)

定員300名 入場無料 参加を希望される方は、事前の申し込みを
<http://dia.pe.titech.ac.jp/symposia/symposium.html> よりお願いいたします。
お問合せ先: 波多野 睦子(東京工業大学) : hatano.m.ab@m.titech.ac.jp
川原田 洋(早稲田大学) : kwarada@waseda.jp

主催: 電気電子工学委員会 デバイス・電子機器工学分会
共催: 電子情報通信学会、応用物理学会、東京工業大学環境エネルギー機構

 乃木坂 5番出口
日本学術会議
国立新美術館

(2) シンポジウム報告書

<1>開会宣言

ご講演者は変動が激しいグローバル社会でのビジネス・教育に携わっている方々であり、共通のキーワードは「改革」である。今回、学術会議のシンポジウムに学生が初めて参加した。通常の参加者の平均年齢は60歳以上と高いが、今回は30歳以下である。活気ある議論の場としたい。

<2>シンポジウム開催にあたって 小長井委員長

学術会議の立場、役割、組織、提言に関して説明。

本日のシンポジウムは平成23年の提言「21世紀における電気電子工学のあり方と果たすべき役割」の内容に基づいた議論を行う。ポイントは以下の5つである。

1. 電気電子工学の新しい基幹工学としての学術体系確立
 - ・情報社会の深化する中で、電気電子工学に関連する工学分野が拡大
 - ・知識基盤の整理、学術体系の再構築、時代の変化に即した電気電子人材育成に係る教育体制の充実
2. 自然との共生を可能にする持続的人間親和型システム産業の創出
 - ・有限な天然資源を浪費することのない産業形態、低炭素社会を実現
3. 一見不可能とも思えるほどの高い目標を設定したプロジェクトの推進による新規イノベーションの創出
4. 次世代を牽引する「尖った人材」の積極的活用
 - ・創造性が高く個性輝く人材、優れた能力を有するいわゆる「尖った人材」を疎外することなくむしろ重用する社会体制を実現すべき
5. 高度人材が意欲的に活躍できる文化の醸成
 - ・様々な高度人材が存分に彼らの能力を発揮することができる前提は、社会の人的流動性の向上である

<3>アカデミアより

①東大 電気系工学専攻教授 保立 和夫先生

「電気電子工学の重要性とイノベーション人材の育成」

概要：東大では工学部離れはない（学部教育：幅広く見せて適度に深める）、大学の研究は独創研究である（大学院：学びて思い、思いて学ぶ、こだわり）、博士課程は教育課程である（博士マインドの連携がイノベーションを起こす）、大学発技術の社会実装を展開しよう。電気電子は昔も今もこれからも大事であり元気である、という強いメッセージをいただいた。

- ・理系離れはあるのか？

東大工学部は何時でも元気だった。電気系は一時進学振り分けで凹んだが完璧に復活し

た。大学改革で分散した電気系のポストを集約・統合したのがポイントである。特に電気電子は幅広いという印象が成功であった。実際、カリキュラムも多彩、就職先も多様であり多様な業種で活躍している。学部学生が製作した電気電子宣伝ビデオを紹介。

- ・教育と独創研究

大学の研究は独創研究である。

縦の棒の太い（メタボリック）T型教育（学んで思い、思いで学ぶ）とオリジナリティのこだわりが重要である。⇒階層的カリキュラムを構築

課程博士（ゼロから斬新な成果を立ち上げる・久蔵さんを増やそう）＝イノベーションに寄与できることを示すパスポート

課程博士にはイノベーションの発現が求められる。ここまで辿り着くためには、斬新な成果創造できる力、斬新な成果の価値を見抜く力、斬新な成果を活用する力とマインド、斬新な成果を尊重し合うマインド、が必要。博士の就職難は無い。課程博士と論文博士は違う。

- ・国際化

東大工では修士課程学生数の33%、博士課程学生数の50%は留学生である。

- ・起業マインドの育成

起業マインドを持って欲しい。

歩幅の広いイノベーション・企業での実用化と起業化を同じ土俵で。

アントレプレナーシップ教育は水泳と同じ（アントレプレナー道場）

大学発技術の社会実装となる。

- ・質問：留学生を増やすには？

アジア以外の欧米からも増やしたい。そのためには、研究の面白さが重要。奨学金制度が必要。日本語知らなくても暮らせる環境が必要。

②代ゼミ物理講師 為近 和彦氏

「電気系を希望する次世代人材を増やすには」

概要：高校から大学の電気電子系への志望学生数は減っている。受験では、理1というカテゴリーでは大丈夫だが、学科で電気電子となる場合は受験生が減少。志望する人数が少ないと競争が減る、その結果、能力が伸びない、という悪循環となる。この原因は、日本の電気電子はすごいという広報活動ができていない大学側と企業の問題、高校の先生はほとんどが物理出身であり電気を理解していない、教科書の電気関連の記載が量と内容ともに不足している、という中高で電気電子に興味を持つ教育が出来ていない中高教育の深刻な問題がある。家電というイメージしかない高校生に、大学の先生は高校に目を向けるべき。まず高校の先生、次に高校生に優しい言葉で魅力を伝えて欲しい。最後に電気電子系の学生に、日本を引っ張る大きな力になってもらいたい、そのためにも調べても分からないことを必死で解決して欲しい、ああそうかの快感を実感して欲しい、どうしてそうなるのかをずっと考えて欲しい

い、たくさんのなぜをもって欲しい、と期待をいただいた。

・ 中高の問題

10年間、電気電子の暗黒の時代。教科書が変わった。第一章：生活と電気（言葉を覚える科目・勉強になっていない）高校生には暗記科目に思える 自頭の良い生徒に面白いと思わせてない（理解した瞬間の快感が得られない）

電気は身近なものとしたのが大失敗（好奇心をくすぐらないと駄目）

先生の教育が大事（教員免許の出し方も問題）

物理離れ（受験科目として敬遠される）⇒電気系でも化学で入学

・ 大学の問題

大学の紹介パンフレットは難しい（高1高2では分からない）

オープンキャンパスでの先生の話は分からない・伝わらない

電気電子の人気凋落は大学側にも責任（高校生は誤解している）

・ 質問：電気系の女性比率が低い理由は？

女子高には物理の先生が少ない⇒物理志望者が減る⇒先生を雇用しない（悪循環）

電気電子のイメージが悪い（イメージ回復が重要）

質問：予備校の先生を大学に呼べないか

高校では既にやっている（先生は喋り過ぎ）

<4>産業界より

①三菱重工業株式会社 取締役副社長執行役員 副社長 前川 篤氏

「グローバルなエネルギー・環境ビジネスについて（期待されるグローバル人材とは）」
概要

三菱重工のエネルギー・環境ビジネスの手段は機械、アウトプットは電気であり、機械電気の融合である。講演ではグローバル化展開の実現、それに期待されるグローバルエンジニアに関してメッセージをいただいた。情報、人・物・金のボーダレス化が加速し、市場、ビジネス、技術力のグローバル展開が起こっている。今や、「開発」も海外で外国人が行う、ビジネスM&A、外国人の雇用、が増大しているため、地球規模で考えて欲しい。グローバルエンジニアには、技術（一般教養、専門知識）、人間性（リーダーシップ、思いやり）、個人/チーム、個人の集中力、Be confident、が期待される。特に、マネージャー（管理・監督業務）正しく行うHow、リーダー（自分の意見で引っ張る）何が正しいかのWhat、は異なること、その誰でもリーダーになれる、人間に興味を持って欲しい、技術力+人間性が重要、課題を見つけて解決することが重要、Think globally, Do locallyであること、を強調された。

②株式会社日立製作所 執行役専務 西野 壽一氏

「電気系企業からみたグローバル人材」

概要：課題の発見と解決が重要ということでは、研究と経営は似ている。問題を解決すると

いうことは、研究も開発も経営も同じある。グローバル化といわれて久しいが、社会、市場、経済、顧客が常に変化しており、技術も変化、企業の事業環境も競合環境も変化している。このような変化に対して、技術開発課題は沢山あるが完成時期が重要、技術とビジネス両方のオープンなイノベーション、種々の才能と協力・課題を共有する力、異分野が特に大切、コミュニケーション力（分からないことは分からないと言える）、自分で考える力、が必要。

〈5〉パネルディスカッション

「大学が担うグローバル人材育成と企業の求める人材像」

オーガナイザー： 早稲田大学 川原田洋教授

パネリスト： 東大 保立和夫 教授、代ゼミ 為近和彦 講師

三菱重工 前川篤 氏、日立製作所 西野壽一 氏

概要： 大学人がイメージしているイノベティブおよびグローバル人材と企業が実際に求めている人材像にはミスマッチがあり、これを埋めないと、今後も人材育成がうまくいかない、という前提でのディスカッションを行った。

・グローバル化の中での電気系の将来に関して：

産業界から、半導体は益々重要であるが、一方で業界・業種は再編され、標準化が進むので、世界制覇することが重要である。また何を日本に残す産業とするか、国内で安く調達できること、工場の無人化を目指せること。これにはロボット、電気電子技術、センサ技術が必要である。また開発は海外に移りつつあるが、ベースの開発は日本に残る、絶対に海外に出さない技術はある、というご意見をいただいた。

・グローバル人材の教育に関して：

企業と大学は次元が違うので、教育は当然異なる。

産業界からは、海外へ行くことに対して抵抗はない人が多いのは、必死で研修を行い教育しているからである。企業は、いったん入社すれば人を大切に、家族のことも考え必死に教育する。大学ではそこまでできないであろう。海外に通い一遍等に行かせるのはいかなものか。とはいえ、最近よくなってきているので、あとは会社に任せて欲しい。

企業ではどれくらい何に集中したかが重要である。どれくらい価値を生むことが重要か。集中して考えるには日本はよい環境である。

大学からは、大学での研鑽と企業での研鑽は異なるのは当然である。新しいものは一人で考えたときに出てくることを教えるのも、これは大学教育としては大切であり、一人でどこまでできるかを試すのは、学生時代しかできない重要な教育である。



5. 電気電子工学委員会 デバイス・電子機器工学分科会 会議議事録

(1) 第1回分科会議事録

第22期第1回 議事録

出席者（敬称略）

小長井、石原、荒川、保立、以上は第三部会員。

荒井、植田、大野、大橋、川原田、岸野、澤木、柴田、波多野、藤田、以上は連携会員。

1. 日時 平成23年12月27日（火）10:00-12:00

2. 会場 日本学術会議5階 5-C(2)会議室

3. 議題

1) 役員の選出

石原委員から、デバイス・電子機器工学分科会の委員長候補として小長井委員が推挙され、全会一致で承認された。

小長井委員長から、副委員長候補として福井委員（北大）、幹事候補として川原田委員（早大）、波多野委員（東工大）の提案が、それぞれなされ、承認された。

2) 本分科会についての説明（配布資料）

2-1 本分科会の構成（資料1（分科会名簿））（小長井委員長）

23名の委員よりなる。

これと関連し、「日本学術会議における活動の手引き」（第22期会員および連携会員用）より気の付いた点が、小長井委員長より説明された。

会員は非常勤の特別職の国家公務員、連携会員は非常勤の一般職の国家公務員（同、p.7）インパクトレポートの報告（「日本学術会議における活動の手引き」p.14）

2-2 本分科会の設置について（資料2（分科会設置提案））（小長井委員長）

設置趣旨に第22期から「太陽電池、パワーデバイス、LED照明などの創エネルギー、省エネルギーに関連したグリーンテクノロジー」が追加されていることが紹介された。

2-3 幹事会、電気電子工学委員会からみた本分科会の位置づけ（資料3（3-1 第三部関連分野別委員会一覧、3-2 第三部関連分科会一覧））

上記に関連して学術会議幹事会および電気電子委員会について担当委員から以下のような説明があった。

学術会議幹事会の報告と第三部の説明が荒川委員よりあった。幹事会では、分科会の充実、震災復興、学協会との連携が協議された。本分科会は、応用物理学会とは最もフォーマルな関係にあり、物理学会、通信学会、電気学会とも連携している。最近では通信学会のロードマップ委員会での貢献がある。さらに学会の枠を超える活動もあるとの説明があった。

電気電子工学委員会（12月26日開催）の報告が石原委員よりなされた。この委員会に関

連する分科会は4つで、URS I分科会、制御・パワー分科会、デバイス・電子機器分科会（本分科会）、通信・電子システム分科会である。公開シンポジウムは毎年開催され、今年は電力、来年は制御、再来年はデバイスの順で開催される。本年は、6月22日に日本学術会講堂で開催とのこと。

電気電子工学会とその関連学会（9学会）の会長との合同会議が本年初めに開催された。なお、URS Iは各国のアカデミアに対し、一学会では不可能な共通窓口として機能する。これは国際組織からの要請である。なお、URS Iには特任連携会員の参加は認めていない。今後、通信学会との協力を強めること等が報告された。

2-4 21世紀における電気電子工学のあり方と果たすべき役割（資料4）

資料4「21世紀における電気電子工学のあり方と果たすべき役割」につき、石原委員より説明があった。本分科会からは荒川委員、井筒委員、柴田委員、岸野委員、藤田委員がとりまとめに参加された。要旨が説明され、特に、「電気電子工学が営々と獲得してきた工学知の細分化、先鋭化も容赦なく進行している。これからの電気電子工学の更なる発展には根幹となる知識を吟味しなおし、整理し、一体の学問体系としての新たな共通基盤を築く必要がある。」との表現が強調された。要旨にある5項目の提言は、電気電子工学の学問としての練り直し、問題解決型の研究の推進、人材活用等の項目からなる。

3) 第22期の活動予定

小長井委員長より、まず、文部科学省ナノテクノロジー・材料開発推進室から関連学協会に元素戦略関係における連携協力の要請のあったことが紹介された。ついで、本分科会の活動を進めるに際しても、学協会連携がキーワードになるとの説明があった。

4) 各委員の紹介と本分科会への意見

（以下、意見A-Lとして発言の順にまとめる。）

意見A：ディスクリット素子開発を目標として、結晶成長、デバイスの研究行っている。GaNの次の材料は物質科学上重要なトピックである。材料がわかる技術者、研究者の養成は、デバイスやシステムの発展に欠かせない。電気電子工学委員会間の連携にもメリットがある。

小長井委員長コメント：応用物理学のカバーする範囲は広がっており、それぞれの階層の視点は重要である。

意見B：産業界の視点から、LSI、ディスプレイと多くのデバイスでの日本の産業界の興亡をこれまで見てきた。現在研究投資が盛んなパワーデバイスも、デバイス材料ごとにグループ分けされており、LSIの二の舞になりかねない。アプリからのグランドデザインを描き、材料、デバイス、システムを含めた共通の議論が重要であると思う。この分科会でその切掛

けをつくれぬか、学会との連携を行いながら検討したい。大学としては電気電子工学が育成する人材像を見直すべき時期に来ていると感じる。

小長井委員長コメント：パワーデバイスは予算オリエントな側面もあろうが、大学・学会でも研究テーマとして取り上げるようになってきた。

意見 C：電気電子工学は、新物理現象の発見もなくはないが、総じて枠組みがしっかり出来すぎている。新しい風を吹き込むような横の連携も重要である。と同時に、情報系学生にも電磁気学をしっかり教育するなど、電気電子工学たる根幹教育は崩せない。

小長井コメント、日本工学会などが、横の連携を担っているのであろうか。

意見 D：社会全体が、エコ電気、省エネを標榜するも、トータルエネルギーは減少していない。真の省エネとは？ 20 世紀の平均寿命の飛躍的な伸びとエネルギー消費増大は明らか相関する。エネルギーは制御・パワー分科会の管轄だが、この分科会でもデバイスとしてエネルギーについて議論したい。

意見 E：周期律表の上部の元素は、資源的に豊富であり、環境負荷が少ないとされるが、選択の余地が狭まり、物性制御が難しい。電気電子工学委員会では、システム、エネルギー、物質を統合した提言が可能な委員会である。創エネルギーのみならず、省エネルギーも含めたデバイス技術に関して低炭素社会にむけた新たなパラダイムを議論し、提案したい。

意見 F：炭素系半導体を長年行ってきたが、材料開発には時間はかかる。光、スピン、量子状態を扱うナノデバイスのような学術的な側面を、パワーデバイスについても創りたい。デバイス分野を扱う研究者は分野横断力があるので、横への展開も求められる。

意見 G：尖った技術は日本の特長であったが、世界市場は標準化が進みコスト重視になっている。アジア市場はそこまで求めない。むしろ、差別化しない技術が受け入れられた。尖った技術でしか、日本の閉塞状態を打開する方向はない。何処にもとめるかを経済界も含めた議論をしたい。

意見 H：磁性体と半導体のブリッジを行って来た。日本の半導体産業は右肩下がりが、世界的には拡大し、30 兆円産業となり、自動車産業にも深く浸透している。しかし、日本に超大型工場をつくる勢いは今はない。パラダイムシフトで、世界の潮流となり、再び右肩上がりにすべく、方策を考える必要がある。

意見 I：物理からみて 20 世紀は電気の時代、21 世紀も同様。先鋭化することは普遍化につながる。深く研究することで、社会の役に立つ普遍性を獲得できる。自分たちが持っている広がり重視しよう。光は国のキーテクノロジーだが、レーザー産業は、ドイツやフランスのような先進国でのみ成り立っている。そこでは、新たな人材が創出される。学会間の連携は、先生方だけでなく（任期があるので継続が困難）事務局をも含めた連携が必要。

意見 J：低炭素社会構築の上でも電気電子工学分野は世界的に発展している。日本の当該分野の産業は衰退しているが、これは国内的な問題。卒業した学生の出口は日本企業でよいのか？国際的に活躍できるよう日本の企業に縛り付ける必要はない。長い目みた日本の発展にはグローバルな人材の流出があってもよい。

石原委員コメント：工学という立場からは今のところ国内がターゲットである。

小長井委員長コメント：日本学術会議の「科学の向上発達」という目的に対してはグローバルな視点となっているが、「国民生活の向上」という目的に対しては、日本国民を強く意識したものとなっているのではないか。

意見 K：学術は世界に広がる、その結果日本の企業の雇用を確保すべきでここは譲れない。国破れると山河もない、山河を残すため。理学は神と語らう、工学は社会と語らう。

電気電子は工学。「工学は嫌われている」「苦悩する工学部長」という論調で書きたいマスコミ。実情は「工学は学生には嫌われていない。」東大の電気電子系（電気電子工学、電子情報学）の人気は回復、学生が自主的に電気・電子の面白さをアピール。リーディング大学院構想は心配、電気電子工学を守るには、電気電子の根っこをもった学生の輩出にある。

研究面でやるべきことと、教育面でやるべきことは区別すべき。学術の根幹の教育は極めて重要であり、この委員会の役割は重要で求心力をつけるべき。

小長井委員長コメント：教育面でのシンポを企画してもよいのでは。

意見 L：提言は「応用物理と未来社会」分科会の内容とほとんど同じである。合同で討論、提言書を出しても良いのではないか。

5) 委員の追加案

森勇介氏（大阪大学電気電子情報工学専攻）の本分科会への追加を了承。

以上。

(2) 第2回分科会議事録

第22期第2回 議事録

1. 日時 平成25年4月3日(水) 16:00-17:30
2. 会場 日本学術会議5階 5-C(1)会議室
3. 出席者
小長井、福井、荒井、石原、植田、國分、澤木、中沢、藤田、保立、三浦
川原田、波多野
4. 議題
 - 1) 電気電子工学委員会からの報告
 - 2) 学術の大型研究計画 電子デバイス・電子機器からの提案
 - 3) 本分科会主催の公開シンポジウムに関する意見交換
5. 配布資料
 - 資料1 学術の大型研究計画 電子デバイス・電子機器の提案書
 - 資料2 公開シンポジウム案
6. 議事
 - 1) 電気電子工学委員会からの報告 (小長井委員長より)
 - ①人事 副会長 武市先生から家先生に交替
第三部長 荒川先生、副 辰巳先生
幹事 土井先生、相原先生
 - ②夢ロードマップ 21年度の改訂版作製予定。7月までに親委員会で詳細が決まるが本分科会からも委員を選出することになる。
 - ③大型研究計画提出状況 第一部25件、第二部 58件、第三部 154件
第三部は、情報40件、電気電子5件、機械6件、総合工学25件 他。
200件を選び学術の大型研究とし(5月中)、その中から60件を面接(9月)、さらに30件程度に絞り、これを重点テーマと位置付ける。
 - 2) 学術の大型研究計画 電子デバイス・電子機器からの提案 (川原田、波多野より)
本分科会からは1件提出。
 - ・計画タイトル「持続可能で安心安全な社会の実現に向けた革新的電子デバイス・電子機器統合的グリーン半導体プラットフォームの構築」
 - ・提案者：小野寺先生代表、小柴先生、森先生、川原田先生、波多野
 - ・総額365億円(10年間)
 - (1) シニア研究者・技術者人件費 70億円(700万円×100人×10年)
 - (2) グリーン半導体プラットフォーム構築経費 90億円
 - (3) グリーン半導体プラットフォーム維持運営経費 205億円
 - ・概要

環境保護と経済発展の両立を達成し持続可能で安心安全な社会の実現を目指して、電力・電子機器の消費エネルギーを極小化するための統合的グリーン半導体プラットフォームを構築する。本プラットフォームは、電子デバイスの省エネ化(Green of Electronic Devices), さらにはその省エネデバイスを用いた電子システムによる社会の省エネ化(Green by ED)を図ることを目的とする。前者は情報を司る電子デバイスおよび電力を扱う電子デバイスの省エネ化に対応し、それぞれの課題を「情報系省エネ」と「電力系省エネ」とする。情報系省エネでは、集積回路の低消費電力化技術と光インターコネクション技術による情報システムの低消費電力化に取り組む。集積回路の超低消費電力化を、時間的かつ空間的な超細粒度のエネルギー制御により実現し、高いピーク性能を保ちつつ平均消費エネルギーを極小化する回路技術を開発する。あらゆる情報デバイスが超低消費電力化されることにより、省エネ時代に適合した持続可能な高度 ICT 社会の形成が促進される。電力系省エネでは、シリコン以外の半導体を利用して低損失パワーデバイスの開発に取り組む。特にシリコンカーバイド、窒化ガリウム、酸化ガリウム、ダイヤモンドなどのワイドギャップ半導体が有する優れた物性を最大限に活用して、超低損失のパワーエレクトロニクス、さらに熱や放射線性に強い環境・極限エレクトロニクスにおけるイノベーションを創出する。このためのワイドギャップ半導体の基板、デバイス、回路技術に係る基盤研究を総合的に進める。研究人材としては日本の半導体技術を支えてきたシニア世代を積極活用し、同時に頭脳・技術流出を防ぐ防波堤の役割を担うプロジェクトである。

3) 本分科会主催の公開シンポジウムに関する意見交換 (波多野より)

「持続可能で安心安全な社会の実現に向けた電気電子工学の人材とグローバル化」

[開催日時] 平成25年11月20日(水) 13時30分から17時 (決定)

[場所] 日本学術会議講堂

[目的] 持続可能で安心安全な社会の実現に向けた電気電子工学のグローバル人材育成に関して、広い視野と時間軸からアカデミアと産業界が一体となって忌憚なく議論する場として、シンポジウムを開催する。

[講演者と内容]

講演とパネルディスカッションの2構成とする。

6月中に講演候補者を決定し、分科会の先生方にご案内する目標で計画する(幹事)。

4) 次回分科会開催

2013年11月20日のシンポジウムと同日に行う予定。

(3) 第3回分科会議事録

第22期第3回 議事録

1. 日時 平成25年11月20日(水) 11:00~12:15
2. 会場 日本学術会議 6階 6-C(1)会議室
3. 出席者
小長井、荒井、荒川、荒井、石原、小柴、井筒、森、保立、川原田、波多野
4. 議題
 - 1) 前回議事録案の確認
 - 2) 夢・ロードマップについて
 - 3) 学術会議の大型研究計画について
 - 4) 電気電子工学分野の参照基準検討分科会について
 - 5) 第23期会員、連携会員の選出方法
 - 6) 今後の活動方針について
 - 7) その他
5. 配布資料
 - 資料1 前回議事録
 - 資料2 電気電子工学委員会第6回議事録
 - 資料3 活動状況報告
 - 資料4 22期で作成する夢ロードマップについての打ち合わせメモ
 - 資料5 ロードマップ小委員会 委員名簿
 - 資料6 ロードマップ改訂計画(電気電子工学委員会)
 - 資料7 ロードマップ改訂計画(総合工学委員会)
 - 資料8 大型計画(デバイス・電子機器)
 - 資料9 電気電子工学分野の参照基準検討分科会 関係資料
 - 資料10 第23期会員の選考方法案
 - 資料11 第23期連携会員の選考方法案
 - 資料12 シンポジウムポスタ

6. 議事

- 1) 前回の議事録、電気電子工学委員会第6回議事録の確認
- 2) 夢ロードマップ 21年度の改訂版作製予定(小長井および川原田より)。

本分科会の委員から「電子デバイス分野」としてロードマップ小委員会(委員長大橋(NTT))のメンバー(ロードマップ作りの実動部隊委員)として参画することが第6回電気電子工学委員会(7月17日)で決定。川原田委員(早大)がメンバーに参加することになり、第1回小委員会(9月27日)に出席。小委員会では12月末までに分野別ロードマップの作成、1-2

月は上記を踏まえての全体マップの議論、3月に完成というスケジュールが確認された。分野の内訳は「電力応用分野」、「計測制御分野」、「電子デバイス分野」、「情報通信分野」、「照明分野」、「映像情報メディア分野」、「光・電波技術分野」、「医療情報電子分野」である。＜その後の経緯＞ほぼ計画通りロードマップは完成しつつある（2014年3月）。添付に電気電子の全体マップを示す。学術会議全体のロードマップには添付のような5つのカテゴリー（社会の根幹となる知の創出、声明をはぐくむ環境の理解、快適空間の実現、安全安心社会の実現、カーボンフリー社会の実現）が出口として用意されており、図を見ると電気電子が全方位わたって未来をカバーできることがわかる。電子デバイスだけをとっても全範囲を網羅している。電気電子分野が今後如何に社会に貢献できるかを示すうえで重要な図である。

3) 学術の大型研究計画（川原田、波多野より）

本分科会に関連した提案が1件、大型研究計画として採択された。最終的には、重点大型研究計画として位置付けされなかったが、大型研究計画のひとつとしてさらにブラッシュアップして事務局に提出。

- ・計画タイトル「持続可能で安心安全な社会の実現に向けた革新的電子デバイス・電子機器統合的グリーン半導体プラットフォームの構築」
- ・提案者：小野寺委員代表、小柴委員、森委員、川原田幹事、波多野幹事
- ・ヒヤリング：小野寺委員代表、川原田幹事、波多野幹事

4) 電気電子工学分野の参照基準検討分科会について（保立委員より）

電子工学委員会分科会として設置（9月26日）。

委員構成：保立委員長、井筒副委員長、本分科会からは、柴田委員、波多野が参画。

目的：大学教育の分野別質保証在り方検討委員会は、平成22年に取りまとめ、学士課程教育の分野別の質保証のために、各分野の教育課程編成上の参照基準を策定すべきことを述べた。これを受けて、電気電子工学分野における教育課程編成上の参照基準を検討する。4学会の協力をいただきながら、どうあるべきかの議論を充分に行う。

予定：平成26年4月 電気電子工学委員会に報告書を提出して査読開始

7月 シンポジウム開催予定、フィードバックを得てバージョンアップ

9月 最終版完成・提出

5) 第23期会員、連携会員の選出方法（小長井委員長より）

第23期会員の選考方法案では、考慮すべき点として、(1)各部選出数の是正、(2)専門分野のバランス、(3)女性会員の維持、増加、(4)地域バランス確保、(5)産業界・実務家からの選出があり、対処方針が説明された。

第23期連携会員の選考方法案、考慮すべき点として、(1)選出人数、(2)各部選出人数の是正、

(3) 専門分野のバランス、(4) 女性連携会員の維持、増加、(5) 地域バランス確保、(6) 産業界・実務家からの選出、(7) 若手の選出状況があり、対処方針が説明された。

いずれも、詳細は資料 11 を参照のこと。

6) 午後開催のシンポジウムに関して（波多野より）

講演者の紹介、パネルディスカッションの趣旨、参加登録者の状況について報告があった。詳しくはパンフレット参照のこと。

以上

(4) 第4回分科会議事録

第22期第4回 議事録

出席者（敬称略）

小長井、石原、保立、以上は第三部会員。

荒井、大野、小野寺、川原田、國分、森、三浦、波多野、以上は連携会員。

1. 日時 平成26年05月28日（水）10:30-12:00

2. 会場 日本学術会議5階 5-C(2)会議室

3. 議題

1) 前回の議事録確認

2) 審議事項

第22期における分科会活動の総括と第23期に向けた議題・申し送り事項

3) 報告事項

(1) 大学教育の分野別質保証

(2) 夢ロードマップ

(3) 学術の大型研究計画マスタープラン

4. 議事

1) 前回の議事録の確認

2) 審議事項

第22期における分科会活動の総括と第23期に向けた議題・申し送り事項：

分科会としては記録を提出する予定。

分科会存続について：総合工学・未来社会と応用物理分科会との連携が必要である。

（ご意見）

- ・本分科会は大学教育を考えているので外せない。
エレクトロニクスは我が国の基幹産業であり、産業との関わりとして重要である。
- ・応用物理分科会は委員数も多く、学会の支援もあり活動しやすい。
本分科会は学会の支援が期待できない。学協会との連携が難しい。
応用物理との関連があるのでより協力的に進める。
- ・電子工学を定義するのはここしかできない。学協会を3つ束ねるくらいの価値がある。
- ・学術という切り分けに関して、今のこのご時勢でこのような分類でよいのか？
- ・6年間ではそんなに変わらない、分科会を存続してもらいたい。
学会との距離の関係は適切に。建前としては学会との切り分けが必要であり、
実質的には学会との連携をしていくとよい。次期連携会員として学会との連携が進む
候補を推薦している。しかし学術会議は6年の任期、学会の会長は2年の任期で

整合性は悪い。

- ・分科会の存続には賛成。産業基盤でもあり、さらに大学教育を考えるにも欠かせない。電子情報通信学会や電気学会とも関わるので、同じ電気電子委員会の中での連携を深めつつ、総合工学との連携をとることが必要であろう。
- ・産業界との関わりとして重要。日本の半分は電気、バイオのサポートは電気。3月に応用物理学会とのシンポで講演したが、協力することは必要。
- ・第23期に向けた申し送り事項に、応用物理学会だけが出てくるのはどうか？もっと広めに記載したほうがよい。エネルギーのグリッドなどは、パワエレ、弱電と融合している。
- ・しばらくこの分野は残るであろう。ただし、融合して新しい分野をつくるのも役割。その新しい分野を育てる切っ掛けも学術会議のミッションである。教育は大学のみならず、次世代の人材、産業界での人材育成も含む。

テレビ会議での出席者：通信状況が悪いため、後ほどご意見をいただく。

3) 報告事項

(1) 大学教育の分野別質保証 (保立委員)

策定経緯、内容の紹介と意見交換。

7月12日にシンポジウムを開催して、パブリックコメントをいただいた後、査定いただく計画。

(意見)

- ・番号「」など、形式をそろえること 学術会議の書式にあわせる
- ・学士と修士の違いが明確化されているか？
- ・活用のされかたは？教育改革制度に役立つので、どうアナウンスするか？
→学術会議のHPに報告として
どう解釈して使うかは大学の自主性を尊重。
- ・各大学の人材育成像をもっているので、ガイドラインが示されている。
こういう人材を育成しよう、というのが重要。

(2) 夢ロードマップに関して

本分科会としては、全体のまとめに川原田幹事が参画している。

昨日拡大幹事会があり、最終版が決定。

9月26日〔金〕にシンポジウムを開催予定

(電気電子工学 石原委員長) 3年前の第一版の改訂に相当するが、関連学会の協力のもと進めた。

(3) 学術の大型研究計画マスタープランシンポジウム開催

5月30日(金) 2時40分から15分間 石原電気電子工学委員長から報告

(4) 会員、連携会員の選考委員会の状況(小長井委員長)

次期の会員は7月11日の臨時総会で決定予定。

以上

6. おわりに

電気電子工学委員会デバイス・電子機器工学分科会の第22期における活動報告をまとめた。この分野は、日本の基幹産業である電気電子機器と密接に結び付いた重要分野である。期間中に分科会を4回開催したが、今期の活動の特色は、電子デバイス・電子機器関連の大型研究計画の提案をまとめたことと、分科会に関連した分野の「科学・夢ロードマップ」をまとめたことである。また分野に関連した人材育成をテーマに公開シンポジウムを開催した。さらに、電気電子工学分野における大学教育の質保証のための教育課程編成上の参照基準の策定にも取り組んだ。

学術会議会員及び連携会員によるこれらの活動を通じて、分科会の設置目的である関連分野における学術・技術の展望と提言などを提示し、発展に多少なりとも貢献することが出来れば幸いである。

分科会副委員長 福井孝志