

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27年（2015年）7月29日

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

この報告は、日本学術会議電気電子工学委員会電気電子工学の参照基準検討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

委員長	保立 和夫	(第三部会員)	東京大学理事・副学長、東京大学大学院工学系研究科教授
副委員長	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、早稲田大学特命教授
幹事	波多野 睦子	(第三部会員)	東京工業大学大学院理工学研究科教授
	渡辺 美代子	(第三部会員)	国立研究開発法人科学技術振興機構執行役
	大西 公平	(第三部会員)	慶應義塾大学理工学部教授
	小林 一哉	(連携会員)	中央大学理工学部教授
	柴田 直	(連携会員)	応用物理学会物理系学術誌刊行センター専任編集長、東京大学名誉教授
	津田 俊隆	(連携会員)	早稲田大学大学院国際情報通信研究科教授

本分科会での議論・取りまとめにおいては、その審議内容を勘案して、関連学協会にご参加頂ける方の派遣を依頼した。次の4名の方々には、参考人として毎回出席を要請し、議論に参画頂いたほか、資料の提供、議事の取りまとめ、ならびに本報告の分担執筆にもご尽力を頂いた。

	佐藤 之彦	(電気学会)	千葉大学大学院工学研究科教授
	苗村 健	(電子情報通信学会)	東京大学大学院情報学環教授
	本多 敏	(計測自動制御学会)	慶應義塾大学理工学部教授
	渡辺 裕	(映像情報メディア学会)	早稲田大学大学院国際情報通信研究科教授

本報告の作成にあたり、以下の職員が事務を担当した。

事務	盛田 謙二	参事官(審議第二担当)
	松宮 志麻	参事官(審議第二担当)付参事官補佐
	柳原 情子	参事官(審議第二担当)付審議専門職

要 旨

1 作成の背景

2008年5月、日本学術会議は文部科学省高等教育局長から「大学教育の分野別質保証の在り方に関する審議について」と題する依頼を受け、同年6月に課題別委員会「大学教育の分野別質保証の在り方検討委員会」を設置し、2010年7月に回答「大学教育の分野別質保証の在り方について」[1]を取りまとめ、同年8月に文部科学省に手交した。同回答で、分野別の教育課程編成上の参照基準を策定することが提案された。今般、電気電子工学分野の参照基準が取りまとめられたことから、大学をはじめとして各方面で利用していただけるよう、ここに公表する。

2 報告の概要

(1) 電気電子工学の定義

電気電子工学は基盤を物理学と数学におき、電磁気学や量子力学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、情報を数学的に表現してその伝送や処理を高度に行い、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。周辺の学術領域とも連携を深め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し、人類が持続的に発展することを可能にする中核的役割を果たす領域である。

そして本領域は、『エネルギー』と『情報』とを主として取り扱う「対象」とし、それらを自在に操る「手段」として『エレクトロニクス』を中心とした材料、デバイスからソフトウェアに至る領域も包含し、これら「対象」と「手段」とが絡み合っただ融合した極めて大きな領域をカバーする学術分野である。

(2) 電気電子工学に固有の特性

電気電子工学は、電磁気学や量子力学をはじめとする物理学ならびに数学により、実現すべきデバイスやシステム等に要求される性能・特質に応じて最適な設計科学的手法を体系化し、提供する。多様なレベルでの簡略化・抽象化を行うが、物理学、数学の原理から着実に理論を積み重ね、厳密な体系化のもとに簡略化・抽象化がなされることが特徴である。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容易に使いこなせる。

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」および「こと」を作り出す学術体系である。それ故に、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。

(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な素養

① 基本的な知識と理解

以下のことを説明できる知識と理解が必要である。電氣的・磁氣的現象を個別現象相互の関連を含めて説明でき、それらを制御・応用する手法を説明できる知識と理解。また情報を数学的に表現する手法と評価する手法、数学的に表現された情報を電氣的・

磁気的現象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これを制御して所望のシステム機能を実現する方法も説明できる知識と理解。さらに各知識と理解を抽象化して、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知識と理解。数学ならびに物理学に関わる基礎的な事項が説明でき、電気電子工学の社会における役割と責任が説明できる知識と理解。コミュニケーションに関する知識と理解、そして社会が必要とする総合的で複雑な課題を解決する経験を積んで得られる課題発見と課題解決に関する知識と理解。

各大学は、学士課程の設計に当たり、建学精神や規模に応じ、獲得する知識と理解に最適な重みを付け、最適な学修量を自主的、自立的に設定する。

② 基本的な能力

学士課程で習得した知識と理解によって導かれる分野に固有な能力により、以下のことができるようになる。電氣的・磁気的現象とこれらを抽象化した知識と理解、ならびにこれらを制御・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、案出、設計、開発、実用化できる。システムの状態を把握し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。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・磁気的現象に変換する手法ならびに処理する手法を活用して、新たな機能を示すデバイス、機器、システム、サービス等を案出、設計、開発、実用化できる。技術の公共性を理解し、工学倫理等の熟慮により、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適切であるかの判断ができる。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、これを発見して解決する能力を発揮できる。

このような電気電子工学の学びを通じて獲得すべき基本的な能力、すなわち簡略化・抽象化能力やシステムの思考力は、卒業研究等を通じて得られる課題発見・解決力、実験・演習等を通じて涵養されるコミュニケーション力、チームワーク力と相俟って、一般的・汎用的に活用できるジェネリックスキルとなる。電気電子工学領域は、材料、デバイスから、システム、社会インフラに及ぶ幅広い対象を扱う。したがって、それぞれの要素に最適な重み付けをもって学び、さらに技術を社会実装することを務めとする工学に携わる者のための教養教育の構成にも工夫することによって、今後の社会にとって「何を作る」ことが重要かということと、それを「どう作るか」ということの双方に対する感性を高めることもできる。

(4) 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

知識を獲得し思考力を養う講義、知識と思考力を活用して自分のものとする演習・実験、体験教育、問題発見・分析・解決力や課題へのチャレンジ精神を養うための課題研究も組み合わせることが望ましい。透明で公正な評価体系を導入することが重要である。

(5) 市民性の涵養をめぐる専門教育と教養教育の関わり

電気電子工学の幅と厚みへの理解の他、社会への貢献にとって必須の広い教養が必要である。様々な分野と協働できる能力、第一言語（最も上手く使いこなせる言語）力、国際語力、双方向のコミュニケーション力も重要である。

目 次

1	はじめに.....	1
2	電気電子工学の定義.....	2
3	電気電子工学に固有の特性.....	4
	(1) 電気電子工学に固有な視点と役割.....	4
	(2) 境界領域・融合領域における新たな学術分野の創成.....	6
4	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な素養.....	7
	(1) 電気電子工学の学びを通じて獲得すべき基本的な知識と理解.....	8
	(2) 電気電子工学の学びを通じて獲得すべき基本的な能力.....	11
5	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.....	14
	(1) 学修方法.....	14
	(2) 評価方法.....	15
6	市民性の涵養をめぐる専門教育と教養教育の関わり.....	16
	<参考文献>.....	18
	<参考資料1> 電気電子工学の参照基準検討分科会の審議経過.....	19
	<参考資料2> 公開シンポジウム.....	22

1 はじめに

日本学術会議は、2008年（平成20年）5月、文部科学省高等教育局長から「大学教育の分野別質保証の在り方に関する審議について」と題する依頼を受けた。このため日本学術会議は、同年6月に課題別委員会「大学教育の分野別質保証の在り方検討委員会」を設置して審議を重ね、2010年（平成22年）7月に、回答「大学教育の分野別質保証の在り方について」[1]を取りまとめ、同年8月に文部科学省に手交した。

同回答においては、分野別質保証のための方法として、分野別の教育課程編成上の参照基準を策定することを提案している。日本学術会議では、回答の手交後、引き続き各学術分野に関して参照基準の策定を進めてきたが、今般、電気電子工学分野の参照基準を取りまとめた。

本参照基準は、各大学で学士課程を設計する[2]に際して参考となるものであり、各大学の建学の精神や規模等を勘案して、それぞれの大学が自主的、自立的に教育課程を設計できるよう、抽象性と包括性を具備した考え方を示すものである。したがって、教育の成果として達成されるべき水準を示すことを意図したものではない。

本報告は電気電子工学分野の参照基準であり、同分野に関連する教育課程を開設している大学をはじめとした各方面で利用して頂けるよう、ここに公表するものである。

2 電気電子工学の定義

電気電子工学[3, 4]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[5]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。

その広範な学術領域とは、具体的には、電力を生み出しこれを制御・供給する『エネルギー』関連の学術、通信技術や計算機技術を中心にした、安全・確実・高速に情報を伝達し高度な処理を行う『情報』の学術、そしてこれらを巧みに操りインテリジェントな機能の創出を可能にする『エレクトロニクス』を中心とした学術からなる。これら『エネルギー』、『情報』、『エレクトロニクス』の三つの学術領域は、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。

これらの関係を俯瞰的に表現すると、人々の生活にとって重要な『エネルギー』と『情報』とが電気電子工学が主として取扱う「対象」であり、この対象を自在に操る「手段」を創出し提供するのが『エレクトロニクス』を中心とした学術領域である。電気電子工学は、その目的を達成する過程において、材料、デバイス、回路、システム、コンピュータ、ネットワーク、そしてこれらのさらに上位レベルで扱われるメディア・コンテンツをも包含する極めて大きく立体的な学術体系を構築している。

電気電子工学の学術体系の大きな特徴は、物理学、数学を融合的に取り入れることにより、種々の高度な学術的手法に対して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略化した形式に翻訳し、提供していることである。

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いる。一方で、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ニクス（光電子工学）の成果の好例である。このように、電気電子工学は他の学術領域との協調的な発展を得意とする特徴を持っていて、情報学のような新たな学術領域を創成する上での中核的な役割を演じるとともに、一方で、フォトニクスを包含したように電気電子工学分野自体も拡充し続けてきた[6]。電気電子工学は、また人間科学とも連携している。視聴覚機能の心理・生理は、カラーディスプレイ技術の開発に必須であり、21世紀社会が求める人間の快適さを工学的に実現するには、その評価が必須である。すなわち、電気電子工学は、「人間」を学ぶことにも直結した学術領域である。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。

このように、電気電子工学分野はその本質において幅と厚みのある領域である。そこで、本稿で報告する電気電子工学分野の参照基準では、後述するように、狭い意味での「中核」部分の絞り込みは敢えて行わないというスタンスを取る。たとえば既存の関連学

科で実施されているカリキュラムの共通的な部分のみを「中核」として定義すると、小さ過ぎる中核となり相応しくない。各大学が、幅と厚みのある領域を包含する電気電子工学分野の各要素に、それぞれの理念・状況に即した重み付けを行いつつ、独自の教育課程を編成する際に参照して頂くために、本報告はまとめられている。

3 電気電子工学に固有の特性

(1) 電気電子工学に固有な視点と役割

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」および「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や数学を活用することにより、これらを具現化・創出し、提供することである。

このため、電気電子工学では、人間生活にとって必須の『エネルギー』と『情報』とを主として取扱う「対象」とし、この対象を自在に操る「手段」として『エレクトロニクス』を中心とした学術領域を位置付けている。

電気電子工学の基盤となるのは、電磁気学や量子力学等の物理学ならびに数学である。これらにより、実現すべきデバイスやシステム等に要求される性能・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略化・抽象化が行われる。このこと自体は工学一般と同様であるが、電気電子工学の特質は、物理学と数学の原理・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。たとえば、電気回路理論は、電磁気学により厳密に体系化された諸法則を基盤として、使い易い手法としてまとめられている。

「電磁気学」では、電磁現象は4つの Maxwell の方程式で記述される。ここで扱われる、電界 E 、磁界 H 、電流密度 J 、電荷 q 等は、全て位置座標 r と時間 t の関数であり、対象の3次元幾何学形状を正確に反映して取り扱わなければならない。したがって、解析的に解けるケースは限られている。これに対し、複雑な電磁現象を簡単な連立線形一次方程式で扱えるようにしたのが、「電気回路理論」である。ここでは、上記の物理量の中の複雑な関係は、電流 I と電圧 V という「2つのスカラー量」の関係に集約された。磁界の効果は、「磁束の時間変化が電位差を生じる」というファラデーの法則から電流と電圧の関係に変えられている。元のベクトル量の持つ空間性は、インダクタンス L 、キャパシタンス C 、抵抗 R という定数の導入によって取り払われた。そして、「電荷の保存」という自然法則をキルヒホッフの法則に集約して、あらゆる回路現象を「線形連立一次方程式」で扱えるようにした。

これらの方程式は時間に関する微積分方程式であるが、数学的なテクニックを巧みに使い、これらを単純な代数方程式に変換する手法が確立されている。周波数 ω の交流信号で励振される回路は、時間微分演算子を $j\omega$ に、積分演算子を $1/j\omega$ に置き換えることで、代数方程式で表現できる。複雑な過渡現象の解析も、ラプラス変換を導入することで、単純な代数方程式として解ける。つまり、複雑な回路網に対して、直流・交流・過渡の応答のいずれに対しても、数学的には線形連立一次方程式で解ける手法が確立されている。

人類が求めるものは、極めて多種多様である。例えば、日常生活で利用する小型で便利な各種電気・電子製品から、スーパーコンピュータに代表される巨大コンピューティングシステムまでを含む。また、人々やコンピュータの間で大量の情報を安全・確実・高速に

伝達するネットワークシステムや、これらのネットワーク上でやり取りされる様々な情報・メディア・コンテンツも含まれる。一方、宇宙や危険環境で働く知能ロボットの開発も求められる。さらに人類の活動に必須のエネルギーを創出・制御・供給するシステムが必要とされることは言うまでもない。この極めて広範・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応するには、材料、デバイス、機器、システム、そして社会インフラという多層の階層にわたる学術が必要であり、電気電子工学はこれら全ての階層に関係し貢献してきた。そして、物理学、数学から説き起こして様々なレベルでの抽象化・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いる。このことを可能にした背景には、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一つである。

極微な電子素子を正確に動作させるには、その基礎を量子力学の原理に求めねばならない。また、これらの素子を実際に製作するには、必要に応じて物質科学を探求し、新物質の創出も行わなければならない。数多くの微細素子を高い精度で同時に製作するためには、その製造技術開発にも挑戦することが求められる。また、膨大な数の微細素子を組み合わせ、所定の機能を持ったユニット、即ち回路を作るには、物理学的な詳細を切り捨てた抽象的な設計論が必要となり、確立されている。その結果、ここ数十年の間に、集積回路中に作り込まれるトランジスタの数は10桁にも増大した[7]。微細化製造技術が成し遂げた大容量化の帰結でもある。このような短期間における桁違いの技術の進化が、電気電子工学による大きな社会変革の原動力であったが、これも、上述の簡略化・抽象化による技術の展開によりもたらされたものである。

トランジスタは、半導体の特徴であるバンドギャップを応用したデバイスである。たとえば半導体シリコンでは、電子が量子力学的に採り得ないエネルギー準位が約1.1eVの幅で広がっている。このエネルギーのバンドギャップを、電子の流れを堰き止める障壁として用い、この障壁を外部から加えた制御電圧によって上げ下げし、流れる電流の量を調整できるようにしたのがトランジスタであり、これにより信号増幅のためのアンプができた。さらに、外部から加える制御電圧を0Vか電源電圧の2種類だけにすると、トランジスタは電流をON/OFFするスイッチとなる。このスイッチに負荷抵抗を直列に繋げて回路を構成すると、電源電圧を入力すると電流が流れて出力は0Vとなる。逆に、0Vを入力すると電流は流れずに出力は電源電圧となる。これは、0か1のどちらかの値をとる変数の値を入・出力間でひっくり返すインバータ回路である。スイッチトランジスタを2つ直列につなぐと、NAND（否定論理積）回路、並列につなぐとNOR（排他的論理和）回路となる。NANDもしくはNORの機能があれば、あらゆる論理演算が実現できる。デジタルコンピュータは、こうしてでき上がっている。

半導体シリコンでできたトランジスタがスイッチの働きをすることは、半導体の物性と物理で保証される。ひとつのスイッチとひとつの抵抗を直列に繋げれば、もっとも基本的な論理素子インバータが構成できる。ここまでは物理で理解できる。このインバータを0か1のどちらかの値をとる論理変数の値の変換器とみなせば、後は全て論理演算の世界で

話が進む。さらに、これらの回路を基盤にしてより高度な機能を作り上げるのは論理数学の世界であり、ソフトウェア・アルゴリズムの世界へと繋がってゆく。これこそが、大胆な簡略化・抽象化を順次発展させることにより、半導体物理が高度なコンピューティングに繋がっていく道筋である。

さらに幾重にも抽象化を進めた設計論により、広帯域移動・固定通信ネットワークや大型のコンピュータといった高度なシステムが構築される。規模・複雑さが指数関数的に増大する対象すべてに対し、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・提供しているのが電気電子工学の大きな特徴であり、また特質である。実際、携帯電話システムの実現によって、世界の人口 70 億人に対して携帯電話の加入数は 60 億にも達している [8]。このような通信システムの革命的進展は、有線・無線ネットワークを共に含むトータルシステムとして通信網を構築するアプローチによって達成されたものである。このように全体像を統一して把握する力を養うことも、電気電子工学の教育において重要な要素のひとつである。これがなくしては、人類の発展を持続的にサポートするという電気電子工学の役割を果たすことはできない。

(2) 境界領域・融合領域における新たな学術分野の創成

電気電子工学の生み出した技術は、人々の生活や人間社会に大きな貢献をしているだけでなく、他の学術領域においてもその発展に大きな役割を果たしていることは注目に値する。たとえば種々の高度な計測技術・機器は、物理、化学はいうに及ばず、医学、生物学、生命科学、脳科学といった、従来の電気電子工学から見れば異分野ともいえる領域において重要な役割を担っている。これが契機となり、異分野との融合的な学術領域が既に創出されている。

電子工学が光学と融合して形成したフォトニクス（光電子工学）の発展は、異分野との融合による成果の好例である。1960 年のレーザ発振を発端として、1970 年には光ファイバの損失が通信用伝送路として使える値にまで低減され、種々のフォトニック機能デバイスが誕生して、現在の光ファイバ通信システムを稼働させている。レーザも光ファイバもノーベル賞の対象となった 20 世紀の大発明である。フォトニクスは、通信分野のみならず、映像、計測、情報処理等、多くの分野に変革をもたらし、電気電子工学領域の中で重要な位置を占めている。

電気電子工学は物理学と数学を活用して、社会が必要とする「もの」および「こと」を作り出す学術体系である。それが故に、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ている。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い。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着けさせることが、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。

4 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な素養

前節で述べたように、電気電子工学は、生活にとって重要な『エネルギー』と『情報』とを主として取扱う「対象」として発展してきた学術分野である。そして、その「対象」を自在に操るための具体的な「手段」として、『エレクトロニクス』と命名された学術領域を中心として、材料、デバイスからソフトウェアに至るより広範な領域を発展させ包含してきた。

ここで、ふたつの「対象」と上記の広範な「手段」とに関する研究・開発の膨大な営みが、電気電子工学分野のこれまでの発展を促してきた。すなわち、電気電子工学分野は、上記の「対象」と「手段」とが絡み合って融合した、極めて大きな立体的な領域をカバーする学術分野である。そしてここでは、物理学と数学が、電気電子工学分野を形成する上で極めて重要な役割を果たしている。

『エネルギー』に関しても、また『情報』に関しても、その発生、伝送、制御、利用等、様々な切り口での学術が存在する。これら各機能を発現させて、それを自在に操るためには、機能性材料、デバイス、サブシステム、システムの構築が必要である。さらに本学術領域の集大成としての、「電力」システムや「通信」システム、そして「情報処理」システムといった現代社会を支える極めて重要な社会インフラが実現されて稼働している。つまり、電気電子工学は人類社会を支える必須の学術分野である。

このように、電気電子工学は、材料、デバイス、システム、社会インフラ、という多層の階層を扱うとともに、その応用領域は、電力分野、通信分野、情報処理分野はいうまでもなく、交通、土木、航空・宇宙、さらには安全・安心、健康・長寿といった学際領域や融合領域にまで広く及んでいる。このように、電気電子工学は、幅と厚みのある膨大な学術分野となっている。

では、このように膨大な領域を包含する電気電子工学に関する学士課程の教育システムは、どのように設計されるべきなのか。上記の幅と厚みの全てを網羅する教育システムの構築は現実的ではない。実際、これまでも、ある領域に重きを置いた教育システムが描かれ、実施されてきた。電気工学科、電子工学科、電気電子工学科、電気通信工学科、電子物理工学科、電子情報工学科、情報システム工学科等々の種々の学科名の存在が、広範な電気電子工学分野の各要素分野のそれぞれに大学ごとに適宜重み付けを行いつつ学士課程教育プログラムを具体的に設計し、稼働させてきたことを物語っている。

では、極めて広範な電気電子工学分野からどのようにしてその「中核」を抽出し、提示すべきなのか。本報告では、その答えとして、狭い意味での「中核」の絞り込みは敢えて行わないというスタンスを取る。理由は、上記のように、電気電子工学分野はその本質において幅と厚みのある領域なのであって、たとえば既存の学科で実施されているカリキュラムの共通的な部分のみを「中核」として定義することは相応しくないと考えるからである。

実際、電気電子工学が包含する技術分野を手繰ってみると、ナノ物理、ナノ材料、機能デバイス、情報・通信機器、コンピュータ、通信システム、ネットワーク、コンテンツ、そしてさらには情報学へと展開する、といった具合に実は連続した学術・技術体系となっ

ていて、どこにも明確な切れ目は見いだせない。そこで重要なのが、この広範な学術領域の各要素にそれぞれどのような重みを付けて学士課程を設計するか、ということになる。これは、各大学の建学の精神や規模等に応じて、各大学が自主的に自立的に設計すべき事項であるとする。ただし、ここで拠り所となるのは、電気電子工学が『エネルギー』と『情報』とを主として扱う「対象」とし、この対象を自在に操る「手段」として『エレクトロニクス』を中心とした学術領域を位置付けているということである。

歴史的には、「強電」、「弱電」、という分類がなされてきた。高電圧、電力系統、発電機、電動機といった「強電」と、トランジスタ、電磁波、通信といった「弱電」は、それぞれほぼ別個の分野を形成して成長してきた。しかし、電力用半導体デバイスの発達は強電分野での制御性とエネルギー利用効率の向上に大きく貢献してきた他、電力網における新たなグリッド技術には通信ネットワーク技術とコンピュータ技術の存在が欠かせない。再生可能エネルギーの主役のひとつは、太陽電池である。もはや、「弱電」と「強電」は分離不可能な形で、社会に新たな価値を提供し始めている。

上記のような事象は、電気電子工学分野の成り立ちを示す上述の定義からして当然の帰結であって、今後もこのような連携・融合が社会のイノベーション創出に寄与して行くものと確信できる。ということは、学士課程の教育システムにおいても、それぞれの大学の状況に応じた重みを付けつつ幅と厚みのある電気電子工学の全体からある程度絞り込んだ学士課程教育システムを具体的に設計するにあたり、やはりこの幅と厚みの全体像も、学生に適度に見せることに努力するべきものとする。

地球上の限りある資源を大切にしつつ、持続可能な社会を実現する難問に挑まなければならない。少子・高齢化社会の到来、地球温暖化、大規模自然災害の発生等、科学と技術が適正に活用されるべき場面が増えている。上述のように、幅と厚みのある学術分野である電気電子工学分野は、それ自身が内部融合による新たな領域を提示しつつ、周囲やその先の異分野との融合でも新たな社会的な価値を提供しており、また今後もその点への期待が大きい。電気電子工学分野は、広範な異分野においても必須な要素としての地位を確立し、またこの広範な異分野におけるイノベーション創出に大きく寄与できる重要な学術となっている。

(1) 電気電子工学の学びを通じて獲得すべき基本的な知識と理解

以上のような電気電子工学分野において、学士課程での学びを通じて学生が獲得すべき基本的な知識と理解を一般化して記述すると、以下のようなだろう。

- (ア) 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る。
- (イ) 電氣的・磁氣的現象を抽象化して説明できる。
- (ウ) 電氣的・磁氣的現象を制御・応用する手法を説明できる。
- (エ) 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を説明できる。
- (オ) 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説明できる。

- (カ) システムをモデル化しその状態を把握して適切にこれを制御し、所望のシステム機能を実現する方法を説明できる。
- (キ) 上記の各知識と理解をさらに抽象化し、統合して、より大規模なシステム機能を実現する方法を説明できる。
- (ク) 電気電子工学分野の全体にわたる基礎的な事項の概要について説明できる。

これらの電気電子工学分野に固有の知識と理解を得ることと並行して、下記の理系の基礎学術の知識と理解の獲得も必要である。

- (ケ) 電気電子工学の学術体系を支える数学ならびに物理学の基礎的な事項について説明できる。

さらに、教養教育[9]との関連において、下記の知識と理解を習得することも必要である。

- (コ) 電気電子工学の内容を専門外の人にも分かるように説明でき、その社会的・公共的意義[10]を説明できる知識と理解。
- (サ) 深い思考の基盤としての第一言語（最も上手く使いこなせる言語）、（国際語としての）英語、「意見を言う」ことだけではなく「聴く」こともできる双方向のコミュニケーションに関する知識と理解。

そしてさらに、上記の知識と理解を活用し、下記の素養を習得することも重要である。

- (シ) 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むことで得られる課題発見と課題解決に関する知識と理解。

(ア) の知識と理解は、たとえば、電磁気学、量子力学、物質科学の基礎等の学修に対応する。これらの学修にあたっては、個別の物理現象をその相互の関係も含めて理解することに努める必要がある。電磁気学における「場」の概念を理解することも重要である。学修はもちろん暗記ではなく、「理由」と「帰結」を常に「対」にして理解する態度が要求される。これによって、個別の物理現象の相互の因果関係が分かり、理解が深まり確かなものとなる。このようにして理解できた瞬間の「感動」が、学修への意欲を持続させる源ともなる。「理由」と「帰結」を常に「対」にして理解する態度は、研究を進める上での基本でもあるが、学士課程においては、まずは真の理解を得るための態度として習得すべきである。

(イ) は、電気回路理論、集積回路論等の学修に対応する。言うまでもなく、回路理論は電磁気学を抽象化して利活用し易く構築した理論体系である。前節で述べたように、一般的に工学では様々なレベルでの簡略化と抽象化が行われるが、電気電子工学の特質は、物理学、数学の原理・原則から着実に理論を積み重ねて、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。デバイス理論と回路理論をさらに抽象化したところに、集積回路の設計論が成り立っている。等価回路の考え方や、周波数領域での考察の仕方等の電気電子工学における重要な諸概念を理解することで、本分野の修了生としてのものの見方が養われる。

(ウ)には、デバイスや機器の動作原理や電子回路の基礎等が対応する。半導体デバイス工学、電気機器学、パワーエレクトロニクス等が具体例である。

(エ)は、(オ)とともに通信技術の基盤的な知識と理解に対応する。通信理論の基礎、情報理論の基礎等が対応し、シャノンの情報理論、トラヒック理論、符号化理論等が含まれる。

(オ)には、変調手法等の通信技術の実際、信号処理理論、プログラミング言語、コンピュータの基礎等の学修が対応する。

(カ)は、状態方程式などのシステムの記述法や、制御工学の学修が対応する。

(キ)は、電力系統、通信系統、情報処理システム等の大規模システムの構築に関する学修が対応する。

(ク)は、前述したように、幅と厚みのある電気電子工学分野の全体像の概要を俯瞰する学修の必要性に対応している。

(ケ)は、線形代数、解析学、複素関数、微分方程式といった、電気電子工学の学術体系を支える数学の基礎、ならびに材料科学や力学といった物理学の基礎に対応する。

(コ)と(サ)は、後述する教養教育とも深く関連している。(コ)は工学倫理、工学の公共性の理解等の学修に対応する。技術を社会実装することを務めとする工学に携わる者のための教育として、「『あり得べき未来』に対する責任感」を涵養するとともに、イノベーションに繋げるために「何を作るか」の発想の原点としての教養教育

[1]も必要であると考え。第一言語は思考力の原点であり、グローバル化が進む現在では(国際語としての)英語に関する「読む」、「書く」、「話す」、「聞く」力も必要である。また、自分と異なる他者の意見をも「聴く」ことができる双方向のコミュニケーション力も重要である。

(シ)は、実社会で立ち向かわなければならない解答の明確ではない対象への対応方法[11]を経験させる機会に対応する。その例として、卒業研究や体験教育をあげることができる。

先にも述べたように、電気電子工学は幅と厚みのある広大な領域をカバーしている。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応じて、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、最適な学修量を各大学が自主的、自立的に設定する必要がある。ここで、基礎的な内容については、特に深い理解を求めることが重要である。広い範囲を浅く知る学修と、ある限定された範囲を深く理解する学修を、バランスをもって併存させることが重要と考える。「理由」と「帰結」を常に「対」にして学修する態度を会得しておけば、必要に応じて、既に広く浅く得ていた知識のどこにおいても、自力にて深い理解に繋げて行くことが可能となる。

(2) 電気電子工学の学びを通じて獲得すべき基本的な能力

上記の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基本的な能力は次のようになるろう。

① 分野に固有の能力

- ・ 電氣的・磁氣的現象、さらにはこれらを抽象化した知識と理解、ならびにこれらを制御・応用する手法を活用して、ある機能を示す、材料、デバイス、機器等を、案出、設計、開発、実用化することができる。
- ・ 電氣的・磁氣的現象を新たに発見し、これを新たに抽象化し、これを制御・応用する手法を新たに案出できる。
- ・ システムをモデル化しその状態を把握して適切にこれを制御し、所望のシステム機能を実現する方法を新たに案出できる。
- ・ 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、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、案出、設計、開発、実用化できる。
- ・ 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ならびに処理する手法を新たに案出できる。
- ・ 電気電子工学分野全体に関する概要の知識と理解を基盤として、ある特定部分に関して自力にて深い理解へとつなげてゆくことができる
- ・ 上記の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。
- ・ 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。
- ・ 専門能力としての技術英語を駆使できる。
- ・ 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、これを発見して解決する能力を発揮できる。

ここで、各大学での学士課程を実際に設計するに際しては、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、最適な学修量を各大学が自主的、自立的に設定する必要がある。

前節で述べたように、電気電子工学は、人類が求めるあらゆる夢や必要なものに対し、電氣的・磁氣的現象等を活用して具体的なものを創造・提供してきた。ここで、本分野では、さまざまなレベルの簡略化・抽象化を通して、使いやすい形的设计科学的手法（設計論、設計手法）を体系化してきている。電気電子工学分野の学士課程で学ぶ学生は、これを座学だけではなく、実験・演習等の豊富な学修方法の工夫を通し

て、まさに体得することが重要である。種々の学修方法の工夫においては、チームワークの仕方等を体得させることも重要である。

「もの」から「こと」へとと言われて久しい。ものの豊かさを追求してきた 20 世紀から、生活の質の向上、つまり自然が豊かなこと、持続可能な社会が実現できること、健康であること等の「こと」の実現を、21 世紀社会は求めている。電気電子工学は、これら「こと」を実現するために直接的に寄与できるとともに、「こと」を実現するための新たな「もの」の実現にも寄与しうる。隣接分野のみならず、少し離れた分野でも、電気電子工学の知識と理解が活用され、イノベーションを創出する力となっている。上記の専門「能力」を身に付けた学士課程修了生が、「こと」の提案・実現、そのための「もの」の提案・実現でイノベーションの担い手になることを期待したい。

学士課程は、概ね「知識と理解」を得る期間であるが、その結果として上記の「能力」も獲得する。さらに、卒業研究といった形で、特定のテーマに的を絞り、新規なアイデアの実現を探求する機会を設け、体験させることも可能であって、これが重要である。たとえテーマが限られた狭い範囲のものであっても、実際の研究を遂行することを経験・体験することが重要である。人間の脳が持つ「汎化能力(generalization)」によって、この体験は他の課題解決に転用・活用できる。つまり、課題発見能力と課題解決能力が養われる。

以上のように、講義、演習、実験、研究活動等といった多様な切り口を通じて、電気電子工学の全体像を把握するとともに、自分の手で、新たなものを作り出すことも出来るという自覚と自信、そしてその喜びを体得させることが大切である。

② ジェネリックスキル

電気電子工学の学術体系は、上述のように、物理学、数学から説き起こされた理論に裏打ちされた知識を、簡略化と抽象化によって積み上げ、材料、デバイス、機器、システム、そして社会インフラと、広いダイナミックレンジにわたる果実を実現している。これは、上述した例にみられる簡略化・抽象化の賜物である。このような考え方は、一般的・汎用的に活用できるスキルとなる。

電気電子工学は、幅と厚みのある領域であって、その全てを網羅的に学修することは不可能である。したがって、各要素領域に対して適当な重みを付けて教育課程が設定される。ここで、システムの思考の訓練を積んだ学生は、対象システム全体を俯瞰的に捉えて、設計・最適化するセンスを磨くことになる。大規模システムを設計するに際しては、アナリシス（解析）手法によりシステム機能を評価することが重要である。一方で、所望のシステム機能を実現するために必要なサブシステムやデバイスの機能・性能を合成するシンセシス（合成、統合）手法も活用される。巨大な検討対象をトータルに俯瞰できる能力は、電気電子工学分野以外の仕事においても重要なスキルとなる。ここで、簡略化と抽象化の力も役立たせることができる。

また、卒業研究等を通じて得られる課題発見と課題解決の方法論は、研究以外でも活用できるジェネリックスキルとなる。

実験や演習をはじめとしたグループで協働する学修方法の工夫を通して、チームワークを円滑かつ効果的に進める力や、双方向のコミュニケーション力を養うこともできる。前述の通り、電気電子工学では、物理学、数学から説き起こして様々なレベルでの抽象化・概念化を階層的に行う。この学習の過程で、論理的な思考法を身に付けることもできる。加えて、深い思考の基盤となる第一言語力、(国際語としての)英語力を磨くことで、説明力、説得力、自己表現力、対人関係力の向上も図られ、有効なジェネリックスキルとなる。

電気電子工学領域は、材料、デバイスから、システム、社会インフラに及ぶ幅広い対象を扱っている。したがって、この領域を適当な重み付けをもって学ぶことで、今後の社会にとって「何を作る」ことが重要かということと、ではそれを「どう作るか」ということの双方に対する感性を磨くこともできる。

また、技術を社会実装することを務めとする工学に携わる者のための教養教育の構成にも工夫をして [1]、「『あり得べき未来』に対する責任感」の涵養と、「何を作るか」の発想の原点を培うことができれば、これもジェネリックスキルとなる。特に、電気電子工学では、前述のように、短期間で桁違いの技術革新を実現してきた実績と今後のポテンシャルがある。世界を大きく変革し得る技術分野であるだけに、「『あり得べき未来』に対する責任感」の涵養は必須である。

さらに、電気電子工学が創り出した新たな社会像について、そ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を養うことも可能である。

既に述べたように、各大学での学士課程を実際に設計するに際しては、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ジェネリックスキルについても最適な重みを付与して、最適な学修量を、各大学が自主的、自立的に設定する必要がある。

5 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

電気電子工学の成果は深く社会に組み込まれ、関連技術分野は日ごとに拡大する一方である。電気電子工学を修めた人材は、様々な分野で社会と産業を支えていて、工学に携わる人材としての能力だけではなく対人関係力が問われる状況も増加している[1-3]。電気電子工学は「エネルギー」と「情報」を主として取り扱う対象とし、これを自在に操る為の手段として「エレクトロニクス」を中心とした学術領域が形成されて、材料、デバイス、システムそして社会インフラと、極めて広い領域を包含している。工学は、本来、確定した解答のない課題を扱う学術であり、集積した知識から演繹によって解が導かれるものではない[4]。電気電子工学の特徴である対象の数学的解析力とシステムの把握力に加え、社会的要請や規範を理解する能力も必要である。より高い視点を与える俯瞰的講義によって深い理解を促すことが重要である。グローバルな知識基盤社会にあっては、獲得すべき知識と理解は日々深化する。ユニバーサル段階に達した大学教育の状況下で、効果的に電気電子工学教育を実践し、将来を担う人材としての能力を養わせるには、新しい教育技術の積極的な活用が不可欠である。

(1) 学修方法

① 講義

学生が電気電子工学の基礎知識を獲得し、素養を養う場として講義は重要である。ただし、一方的に知識を与えるのではなく、自分自身で考え、課題を探究する能力の育成に配慮した講義構成が必要である。少人数指導の推進、支援スタッフや情報通信技術の活用、双方向性の導入、遠隔授業・オープンオンライン講座の活用、などと共に、各学生に講義に先立って十分に事前準備を行う、あるいは事後に講義で得られた内容を整理する機会を与えることが重要である。近年注目を集めている反転授業、反転学習[12]の活用も望ましい。また、各講義がキャリア教育、生涯学習の中で位置づけることができるようにカリキュラム編成に配慮することも重要である。

② 演習・実験

電気電子工学では、演習・実験を通し、手を動かして学ぶものが多い。実際にものを分解し、組み立て、測定し、あるいはシミュレーションを通してシステムの理解を深めることが重要である。各々が、自ら事前準備をすることで理解が深まるので、反転学習との整合性は高い。与えられた課題を解決する力の涵養も期待できる[12]。少人数のグループで課題に取り組みさせることで、分担、協調といったチームワーク力も養うことができる。また、ここでリーダーシップを発揮する機会が与えられる。成果を互いにプレゼンテーションする機会を作ることで、コミュニケーション力を養う機会となる。

③ 体験教育

外部機関・組織における実習やインターンシップ、留学の体験を与えることは、性格力（真面目さ、開放性、外向性、協調性、精神的安定性）[13]や倫理観の涵養、社会のニーズの把握、社会的貢献の精神を高めるにも大きな効果が期待され、産学協働

人材育成[14]、グローバル人材育成の観点から、取り入れるべきである。ただしそれに際しては、カリキュラム上での位置づけや体験教育の期間と期待する成果を明確にするなど、適切な設定が必要である。電気電子工学の社会的役割に対する認識を深めると同時に、社会人としての職業観、勤労観を育み、人間力を高める契機とすることができる。

④ 課題研究

電気電子工学学修の集大成として卒業研究を課する意義は大きい。問題の発見・分析・解決力、さらには、答えの不明な課題へのチャレンジ精神が養われる。つねに「理由」と「帰結」とを「対」に考察・理解し、現象の本質を把握しようとする学修態度、創造性[15]を鍛える学修態度が養成されると共に、気づきによる感動を体験できるよう指導することが重要である。倫理観、情報リテラシー、コミュニケーション力、グローバル対応力を身につけることができるよう配慮する必要がある。

(2) 評価方法

評価に際しては、学修方法と整合した評価基準の導入が重要である。試験、演習、レポート、研究発表、討論等に対して、それぞれ理解のレベル、技能のレベルを基準指標に対する達成度合いによって評価する体系であるルーブリック評価指標[16, 17]等、各学科、あるいは各教科に即した評価基準の導入が望まれる。カリキュラムと個々の教科の目的・目標を明確化し、達成度の基準とその評価を明示することで、成績評価の可視化を進めることができる。学生の立場からすると、勉学に対して目的意識が得られ、ひいては学修意欲を高めることにつながる。これにより、成績評価の公平性・平等性が担保される。ここで、達成度の基準は、各大学の教育方針等を勘案して、大学ごとに自主的、自立的に設定するべきものとする。

学生に対する評価だけでなく、教職員に対しても教育に係る側面からの評価が不可欠である。さらに、社会的要請に対する留意や学科の独自性を保持しつつより高い教育成果が得られるよう、各教科の内容や進め方、カリキュラムそのものに関しても常に見直すことが重要である。

6 市民性の涵養をめぐる専門教育と教養教育の関わり

電気電子工学は、人々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盤学術と位置付けられる。持続的に成長し人々がより実りある生活を送ることができる社会へと進化させるために、社会構造改革を推し進める必要がある。その大前提として、これからの社会システムは、人や環境に優しいと同時に、安全であり、人々が安心して共に暮らしていけるものでなければならない。そのための社会インフラとしての安定した電力供給システム、そして情報流通システムを備えた高度情報通信社会への進化が必須である。

電気電子工学分野は、エネルギーインフラと情報インフラという、極めて重要なふたつの社会インフラに責任を持つ学術分野である。したがって、電気電子工学に係わる人材には、施策的要求や社会に潜在する要請に応え、社会があるべき望ましい姿に向かって前進するための、価値ある技術や効果的なシステムを実現し、社会に還元する責務がある。ただし、科学から技術へと直接的に知の移動を図る従来の社会体系では、未知の未来を切り拓くには充分でないことに留意しなければならない。先例に頼らず、どのような技術や社会システムがこれからの人々の生活をより実りあるものへと改革して行けるかを吟味しつつ前進できる社会への脱皮こそが、喫緊に取り組むべき課題である。この変革には、自然科学だけでなく、最新の社会科学、人文科学からの知見を総合して、人々のために何を生み出すべきかを自ら考究し、新技術・新システムによるイノベーションに結びつけるという、従来看過されがちであった視点を重視する新たな工学的発想を体得することが不可欠である。社会で日々下される様々な選択において工学的見地をより重視する必要がある。

工学は、これまでも、様々な新しい機能を社会に提供してきた。そして、今後もその役割を果たし続けてゆくものと期待される。一方で、社会は既に、科学技術の果実が自然災害等に対して脆弱な一面も持つことも知り、また、この果実がもたらす大きな社会変革が弊害を生じ得ることも知っている。したがって、自然科学的知見を「どんなものが作れるか、何が可能か」に短絡させるのではなく、人々はどのようなものを入用とするか、社会は何を必要としているかをまず考究して把握し、これを出発点として、何をどのように実現するのかを決定する必要がある。そして、その成果を社会に提供する際には、何のためにどのように使うのか、利用に際して何に注意すべきかなどを説明しなければならない。これこそが、人々の生活や産業活動に密着した、本来の工学的発想に基づいた研究・開発である。先例のない中で社会の持続的発展を実現するには、自然科学、社会科学、人文科学を包含したあらゆる科学的知を統合して、社会に還元する工学知の重要性を明確に認識し、活用することが必須となる。

その中で、電気電子工学では、関連分野と一丸となって、材料、プロセス、デバイス、システムまですべての電気電子系技術の協同が必要である。同時に、情報、エネルギー、機械、土木・建築、化学、あるいは、環境、医療、生命・生体をはじめとする様々な工学分野、さらには、あらゆるサービス産業分野、デザイン、芸術分野とも連携することで、電気電子工学は、社会生活に深く浸透し、社会に新しい枠組みを提供するイノベーションを可能とする。そこでは、電気電子工学を発祥とする制御工学から発展したシステム工学・科学が協働のための基盤となるものと期待される。

このような電気電子工学の果たすべき役割と社会からの期待とを実現できる人材を輩出するためには、学士課程において、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、社会への真の貢献にとって必須となる統合した工学知を育むための広い教養が必要となる [1]。つまり、「『あり得べき未来』に対する責任感」を涵養するための教養教育が重要である。本稿を取りまとめる上での原点である、日本学術会議からの回答「大学教育の分野別質保証の在り方について」においては、「行き過ぎた専門主義の傾向が、民主主義社会を支える人々の共通の価値基盤を掘り崩すおそれ」を理由として、「市民性」の涵養を目的とする市民教育が必要とされた歴史を述べている [1]。教養教育の原点となる理念がこの「市民性」の涵養であるとして、本節で重要であるとした教養教育は、これに通じるものである。教養教育を身につけた市民として社会に貢献するためには、様々な分野を担う市民と協働できる能力も持たなければならない。教養教育と専門教育との一貫した教育により、深い思考の基盤としての第一言語力、国際語としての英語力、そして、違いを理解しつつ合意形成を図ることができる人材にとって必要な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。

<参考文献>

- [1] 日本学術会議：「大学教育の分野別質保証の在り方について（回答）」（2010年7月22日）
- [2] 中央教育審議会：「学士課程教育の構築に向けて（答申）」（2008年12月24日）
- [3] 日本学術会議電気電子工学委員会：「提言・21世紀における電気電子工学の在り方と果たすべき役割」（2011年9月30日）
- [4] 日本学術会議電気電子工学委員会：「報告・電気電子工学分野の展望-変革期の電気電子工学，今後の展望に向けて」（2010年4月5日）
- [5] 閣議決定：「日本再興戦略」（2013年6月14日）
- [6] NHK TV 番組：「電子立国日本の自叙伝（第1回～第6回）」（1991年1月27日～9月29日）
- [7] Wikipedia：「ムーアの法則」、ja.wikipedia.org/ムーアの法則
- [8] GIGAOM：「Cellular devices to hit 24 billion by 2020」
<http://gigaom.com/2011/10/11/cellular-devices-to-hit-24-billion-by-2020/>
- [9] 日本学術会議日本の展望委員会知の創造分科会：「21世紀の教養と教養教育」（2010年4月5日）
- [10] 内閣府：「新しい公共」推進会議，<http://www5.cao.go.jp/npc/index.html>
- [11] 重森臣広：「規範解答ない課題挑戦」日経新聞（2014年2月17日）
- [12] 東京大学大学院情報学環・反転学習社会連携講座：「反転学習とは」、
<http://flit.iii.u-tokyo.ac.jp/about/index.html>
- [13] 鶴 光太郎：「就業支援は「性格力」重視で」日経新聞・経済教室（2014年1月20日）
- [14] 文部科学省：「産学協働人材育成円卓会議について」高等教育局専門教育課（2011年7月27日）
- [15] 森川 亮：「大学の価値って何だ「学ぶ」から「創る」へ」日経産業新聞（2014年2月14日）
- [16] 濱名 篤：「濱名委員説明資料・ルーブリックとは」中教審大学教育部会説明資料（2011年12月9日）
- [17] 堀井祐介：「成績評価に役立つルーブリックの作り方」センターニュース・no.411、金沢大学 大学教育開発・支援センター（2011年7月）

<参考資料1> 電気電子工学の参照基準検討分科会の審議経過

【第22期】

平成25年

10月30日 電気電子工学分野の参照基準検討分科会（第1回）

- 1) 役員の決定
- 2) 分野別参照基準作成の経緯と目的
 - ・北原和夫先生（日本学術会議「大学教育の分野別質保証委員会」委員長）よりご講演
- 3) 関連委員会での基準作成例
 - ・機械工学委員会での基準作成例、等
- 4) 本分科会での検討方針について
 - ・参照基準作成にあたっての基本的な審議・検討方針についての意見交換
- 5) 今後の委員会予定

11月29日 電気電子工学分野の参照基準検討分科会（第2回）

- 1) 前回議事録の確認
- 2) 本分科会での検討方針について（前回のつづき）
 - ・参照基準作成にあたっての基本的な考え方についての意見交換
 - ・他の学術団体等での類似の検討に関する情報交換
- 3) 参照基準の各項目で述べるべき重要なキーワードの抽出
- 4) 今後の進め方について

12月26日 電気電子工学分野の参照基準検討分科会（第3回）

- 1) 前回議事録の確認
- 2) 参照基準の各項目で述べるべき重要なキーワードの検討
- 3) 今後の進め方について

平成26年

1月20日 電気電子工学分野の参照基準検討分科会（第4回）

- 1) 前回議事録の確認
- 2) 報告書に記載すべき事項（キーワード等）に関する議論の深化
- 3) 報告書取りまとめのスケジュールについて

2月24日 電気電子工学分野の参照基準検討分科会（第5回）

- 1) 前回議事録の確認
- 2) 各学科からのカリキュラム紹介
- 3) 今後の取りまとめ方について

3月27日 電気電子工学分野の参照基準検討分科会（第6回）

- 1) 前回議事録の確認
- 2) 参照基準案の検討
- 3) 今後の進め方について

4月9日

電気電子工学委員会にて「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」（案）についての審議

4月30日

電気電子工学委員会、通信・電子システム分科会にて「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」（案）について報告し、意見を集約

5月7日 電気電子工学分野の参照基準検討分科会（第7回）

- 1) 前回議事録の確認
- 2) 参照基準最終案の検討・確認
- 3) シンポジウムの開催について

5月19日

電気電子工学委員会にて「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」（案）についての審議、承認

5月28日

電気電子工学委員会、デバイス・電子機器分科会にて「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」（案）について報告し、意見を集約

7月12日 電気電子工学分野の参照基準検討分科会（第8回）

- 1) 前回議事録の確認
- 2) 参照基準案修正・加筆状況の確認、今後のスケジュール
- 3) シンポジウム開催の打ち合わせ

電気電子工学委員会「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」に関するシンポジウム開催

【第23期】

平成27年

1月14日 電気電子工学分野の参照基準検討分科会（第1回）

- 1) 委員長、副委員長、幹事の選出
- 2) 日本学術会議 学術フォーラム（平成26年12月7日）報告
- 3) 今後の査読予定について

6月19日 大学教育の分野別質保証委員会（第2回）

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」について承認

<参考資料2> 公開シンポジウム

公開シンポジウム「学士課程教育における電気電子工学分野の参照基準案」

1. 主 催： 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
2. 後 援： 電子情報通信学会、電気学会、計測自動制御学会、映像情報メディア学会
3. 日 時： 平成26年7月12日（土）14:00～17:00
4. 場 所： 東京大学 工学部2号館 241講義室
5. 開催趣旨：
学士教育の質保証のための電気電子工学分野の参照基準の原案がこのたび作成されたことから、大学や関連学会、産業界、学部教育に関心のある方々への開示と多様な意見を聴取し、議論を深めて参照基準の最終案に反映させていく事を目的として、公開シンポジウムを開催する。
6. 次 第：
総合司会：小林 一哉*（日本学術会議連携会員、中央大学理工学部教授）
14:00-14:05 開会の挨拶
石原 宏（日本学術会議会員、電気電子工学委員会委員長、東京工業大学名誉教授）
14:05-14:25 「大学教育の分野別質保証と参照基準」
北原 和夫（日本学術会議特任連携会員、東京理科大学大学科学教育研究科教授）
14:25-15:10 「電気電子工学分野の参照基準案」
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）
15:10-15:40 「産業界から：電気電子人材育成への期待」
渡辺 文夫（株式会社 KDDI 研究所代表取締役会長）

15:40-15:50 （休 憩）

15:50-16:35 パネルディスカッション
・モデレーター：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）
・パネリスト：
井筒 雅之*（日本学術会議連携会員、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／早稲田大学特命教授）
柴田 直*（日本学術会議連携会員、応用物理学会物理系学術誌刊行センター・専任編集長／東京大学名誉教授）
苗村 健（電子情報通信学会：東京大学大学院情報学環教授）
大西 公平*（日本学術会議連携会員、慶應義塾大学理工学部教授）

本多 敏 (計測自動制御学会:慶應義塾大学理工学部教授)

16:35-16:55 総合討論

16:55-17:00 閉会の挨拶

渡辺 美代子* (日本学術会議会員、科学技術振興機構執行役)

(*印の講演者は、本分科会委員)

以上