

電子・通信工学研究連絡委員会報告

— 電子工学の体系化に向けて —

平成元年 7月25日

日本学術会議

電子・通信工学研究連絡委員会

この報告は、第14期日本学術会議電子・通信工学研究連絡委員会の審議結果を取りまとめて発表するものである。

委員長	戸田 巖	(日本電信電話 ^(株))
幹事	城水元次郎	(富士通 ^(株))
幹事	鈴木 敏正	(日本電信電話 ^(株))
委員	青木 和男	(佐世保工業高等専門学校)
	猪瀬 博	(学術情報センター)
	植之原道行	(日本電気 ^(株))
	大越 孝敬	(東京大学)
	岡村 総吾	(東京電機大学)
	金子 尚志	(日本電気 ^(株))
	熊谷 信昭	(大阪大学)
	黒川 兼行	(^(株) 富士通研究所)
	坂井 利之	(龍谷大学)
	末松 安晴	(東京工業大学)
	菅野 卓雄	(東京大学)
	鶴島 稔夫	(電子技術総合研究所)
	中原 恒雄	(住友電気工業 ^(株))
	永井 淳	(^(株) 東芝)
	西澤 潤一	(東北大学)
	平山 博	(早稲田大学)
	渡辺 宏	(^(株) 日立製作所)

電子工学の体系化に向けて

1. まえがき

電子工学すなわちエレクトロニクスと、それを基礎にした通信工学や情報工学、制御工学などの急激な進展に伴って、これらの技術分野・工学分野の相互関係が極めて複雑になってきている。概略的には、通信工学や情報工学が電気通信や情報処理等の明確な応用目的をもった技術体系を形成しているのに対し、電子工学はそれら応用展開の基盤となる基礎的要素技術の体系と位置付けられる。しかし、電子工学の学問・技術体系の根幹をなすものは何か、また、電子工学の基盤となっている方法論はどのように整理されるか、さらに、通信工学、情報工学等の応用技術のそれとどのように関わっているか、等につき明確にされている訳ではない。

日本学術会議電子・通信工学研究連絡委員会では、第13期の活動として通信工学の体系化について審議結果をまとめたが、第14期には電子工学の体系化について試みてきた。本報告はその審議結果をまとめたもので、その意図するところは、上述の通信工学の場合と同様に、

- ①大学等における電子工学関連のカリキュラム設定
- ②学会・研究会等における研究分野・論文発表分野等の整理
- ③電子工学と通信工学、情報工学等の関連分野との相互関係
の認識

に役立てることである。

学問・技術の体系化は、その視点の相違により種々の整理があり得るが、

ここでは、まず、体系化された通信工学や情報工学の存在を前提として、電子工学はこれらの種々の応用に対する基礎的要素技術の体系と捉えて整理している。また、通信工学の体系化にあたって整理された基本的な考え方を踏襲し、

- ①研究目標的体系ではなく方法論的体系化を試みる
- ②普遍性のある学問・技術体系および現時点で共通認識を得ている技術概念を整理する
- ③技術の適用対象としての応用システム等は含めない
- ④他の工学分野との相互関係を明確にする

こととした。

2. 電子工学の対象範囲

学術用語事典等によれば、「電子工学とは、物質中の電子や光子の性質・働きを調査し、それを利用した装置とその設計・試験および応用について研究する工学」等とある。これをもう少し具体化すると、

- ①ある応用目的をもって物質中の電子・光子の性質・働きを調査・究明する学問
- ②電子・光子の性質・働きを利用して目的とする作用・機能を有するデバイス・回路・部品を開拓・研究する学問
- ③上記のデバイス・回路・部品の応用を開拓・研究する学問

の3つの学問分野と捉えることができよう。

①の分野は、明確な応用目的をもって調査・研究がなされる点が、真理の

探究を主目的とする物理学等の「理学」と明確に区別される。③の分野は、デバイス・回路・部品の応用目的が特定化されてその特定領域内で新たに固有の学問・技術体系が形成されてくると、それぞれの新しい工学分野に発展していく性格のもので、その段階までは電子工学の範疇に含まれる。電子工学を基礎として発展してきたものであるが現在すでに独立の工学分野を形成していると思われる通信工学、情報工学、制御工学等は、もはや、電子工学には含まれないと考えた方がよい。すなわち、これらの電子工学応用の基礎的要素技術となるデバイス・回路・部品までを電子工学固有の領域と整理する。

②の分野は電子工学の中核をなすもので、電子・光子の性質・働きの利用対象となる各種材料（電子材料）の加工技術等も電子工学の範疇に入ると考えられる。これら電子材料の加工等に関わる技術は材料工学・結晶工学・プロセス工学等の概念で捉えることもできるが、特に電子工学に固有の要素の強い部分は電子工学の一分野を形成していると思われるのが自然である。

その他、それ自体は電子・光子の性質・働きを直接的に利用したものではないが、電子工学応用の基礎的要素技術となるものは電子工学の領域内で扱うべきである。受動回路部品、実装部品、接続部品等の電子装置部品がその一例である。また、デバイス・回路・部品の設計技術・試験技術・シミュレーション技術等も、近年、その重要性が増大しており、電子工学の一技術要素を形成していると考えられる。

3. 体系化の試み

(1) 学問・技術の階層構成

第2節で述べた電子工学の3つの分野は、一種の階層構成をなすものと見做される。これを基にして、電子工学に関連する学問や技術要素を、その最も基礎となる理論体系を最下位に、応用分野を最上位に位置付けて階層的に分類してみると、図-1のように整理できる。最下位の共通基礎理論は、電子・光子の性質・働きの調査や応用を展開する上で最も基本的な指針を与える普遍的な理論の体系である。その上位に、デバイス・回路・部品への応用展開の基礎となる科学的知見や理論が位置付けられる。種々の物質につき、ある応用目的をもって電子・光子の性質・働きを調査・究明する学問領域で、第2節の①の分野に相当し、「基礎電子工学」と呼ぶことができる。

次いで、その上位に、情報の伝達・処理やエネルギーの変換等の機能を有するデバイス・回路・部品を開拓・実現する学問・技術が位置付けられる。これは第2節の②の分野に相当するもので、通信・情報処理等への応用を目的とした電子装置やシステムの構成要素をなす基礎的要素技術である。この技術体系は、「電子デバイス・回路工学」と呼ぶことができる。その目的に固有の電子材料加工技術の他、受動回路部品や実装部品等の電子装置部品、さらにはデバイス・回路・部品の設計・試験・シミュレーション技術もここに含まれる。

さらにその上位に、通信・情報処理・制御・計測等の特定の応用目的をもった装置・システムの基礎技術が位置付けされる。第2節の③の分野に相当するもので、デバイス・回路・部品を構成要素にして、応用目的に沿った基本的な機能を開拓・実現する電子工学の応用技術領域である。ここでは、こ

の技術領域を「電子装置・システム工学」と名付ける。すでに述べたように、特定の応用領域で新たに固有の工学分野が形成されれば、その新しい分野に取り込まれるのが自然である。厳密な意味での電子工学に固有の領域は、太線で囲んだように、「基礎電子工学」と「電子デバイス・回路工学」の2階層と見做される。

(2)電子工学の技術要素と他分野との相互関連

以上の考え方に基づいて電子工学およびその関連分野との境界領域における技術構造を整理すると、図-2のように描ける。ここでは、電子装置やシステムを構成する技術要素、すなわち、基礎的要素技術の体系を浮き掘りにすることに主眼をおき、デバイス・回路・部品の技術体系を中心に整理した。各要素技術の分類概念を明確にするため、さらにその内容を具体化した技術項目を例示している。

なお、「集積回路」と「光エレクトロニクス」は電子工学の中心分野を形成しつつある重要な技術領域であるとの認識に立ち、通信工学の体系化における整理よりも広く捉えている。また、これらの要素技術の応用対象である通信機器や計算機・情報機器等の電子機器は、それぞれ通信工学、情報工学分野の技術要素として整理した。集積回路のうちのデジタル回路・アナログ回路等や光エレクトロニクスのうちの光デバイス・装置等の一部は、通信あるいは情報処理用電子機器の重要な技術要素でもあるため、電子工学だけでなく通信工学、情報工学の分野にも共通に含まれる技術要素と整理している。

4. 研究・教育分野との関係

電子工学関連の学問・技術体系を整理してきたが、これを研究・教育対象の観点からみると図-3のように表わせる。これより、以下の研究および教育の指針が示される。

- (1) 普遍的技術として確立されている学問・技術領域は最低限の教育対象として大学学部等のカリキュラムに含めるべきで、電磁気学、回路理論や固体物理学、量子光学論等の基礎理論（図-3④）の他、基礎的要素技術として確立している電子材料、電子デバイス、光デバイス、基本電子回路の大部分（図-3③）もその対象となる。
- (2) 体系化は十分でないが工学としては重要な位置を占める技術分野（図-3①）についても大学院等での教育の対象とし、体系化に向けた研究を推進する必要がある。応用電子回路やその設計技術、試験技術、シミュレーション技術、さらに集積回路の加工プロセス技術、材料加工技術等がその一例である。
- (3) まだ新しい分野で学問としての体系化が未了の技術分野（図-3②）では、体系化に向けた研究をさらに推進し、大学院を主体とした教育等を通じて体系化を図ることが必要である。光非線形・超伝導等の新電子材料、分子・バイオ等の新電子デバイス、光演算・ニューロチップ等の新応用技術等がこれに相当する。
- (4) なお、本電子工学体系の範囲外に整理した分野であるが電子工学と密接に関係する電子応用機器についても、要素技術を抽出・整理し、体系化の努力を進める必要がある。

5. むすび

以上、電子工学およびその関連分野の学問・技術の体系化を試みてきたが、この種の体系は時代とともに大きく変化していく性格のものである。このため、本報告では、現時点での分析に従った電子工学の技術要素とその相互関係を整理したものとなっている。これは、体系と呼ぶには十分ではないが、あえて提案して諸賢のご批判を仰ぐ次第である。

この検討は、第14期日本学術会議電子・通信工学研究連絡委員会で行われたもので、その委員以外で石田 晶氏（日本電信電話㈱）の協力を得た。

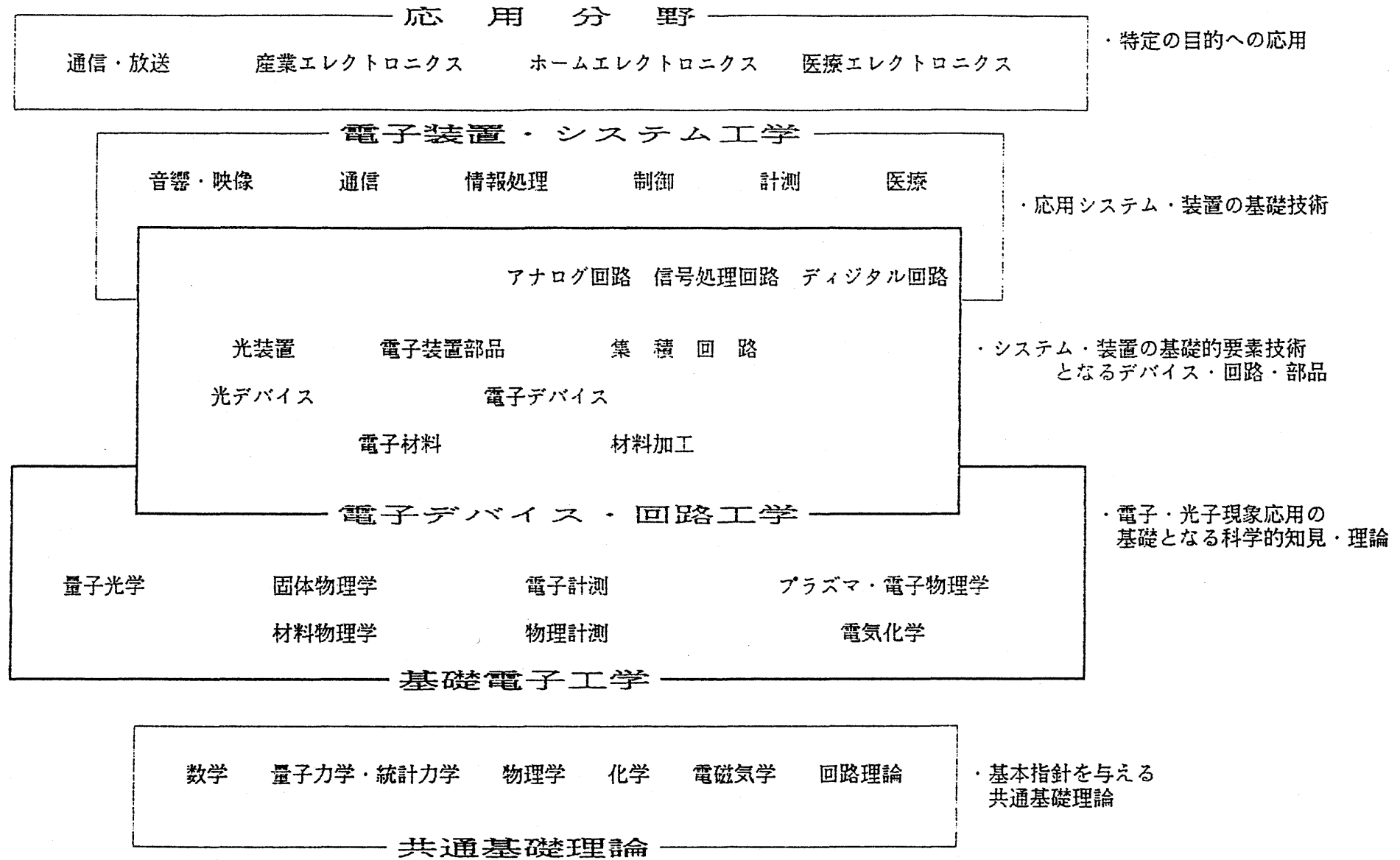


図-1 電子工学関連学問・技術の階層化

□ 電子工学固有の領域

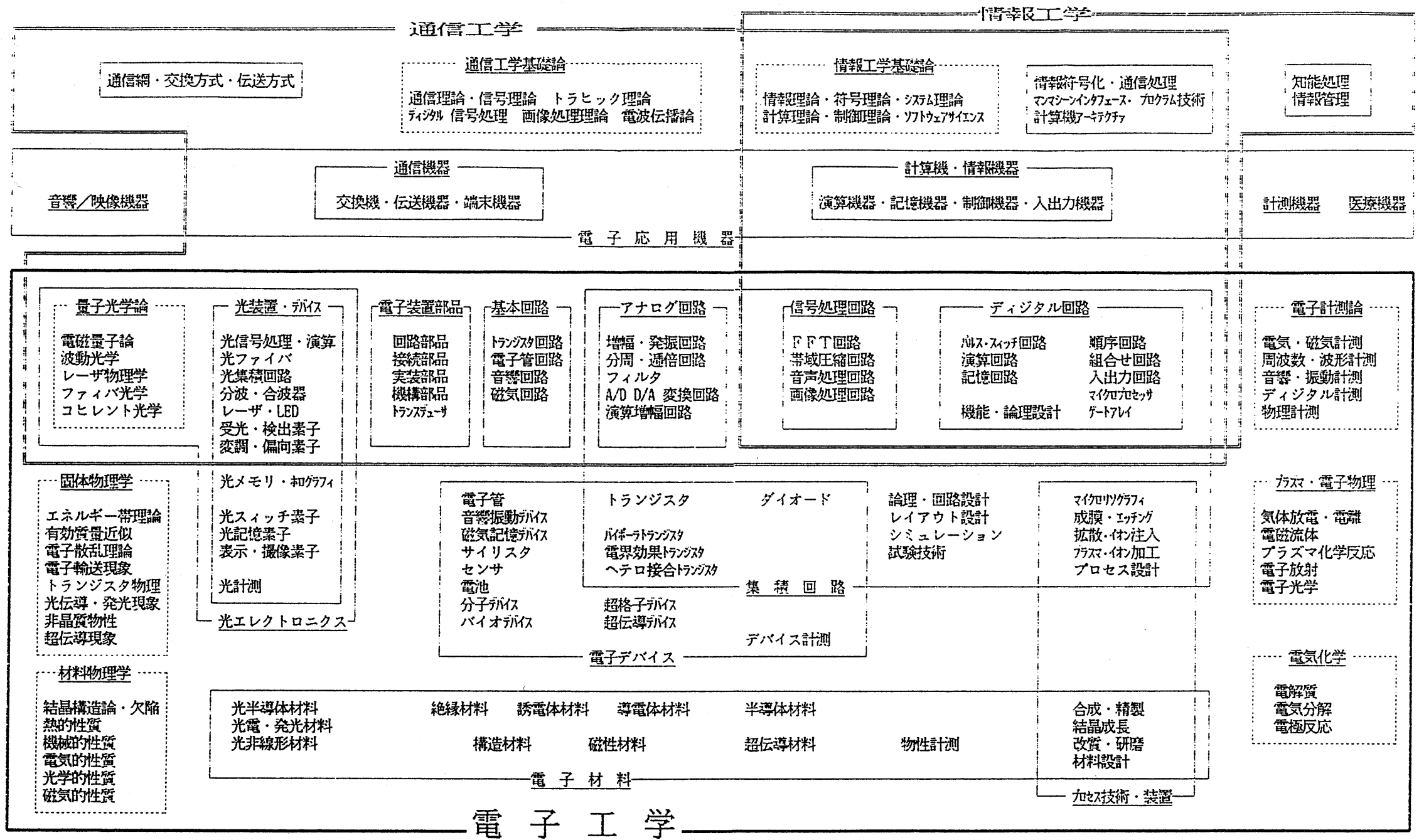


図 - 2 電子工学の技術体系と分野関連図

電子工学の主要分野
 電子工学の関連分野
 要素技術
 基礎理論

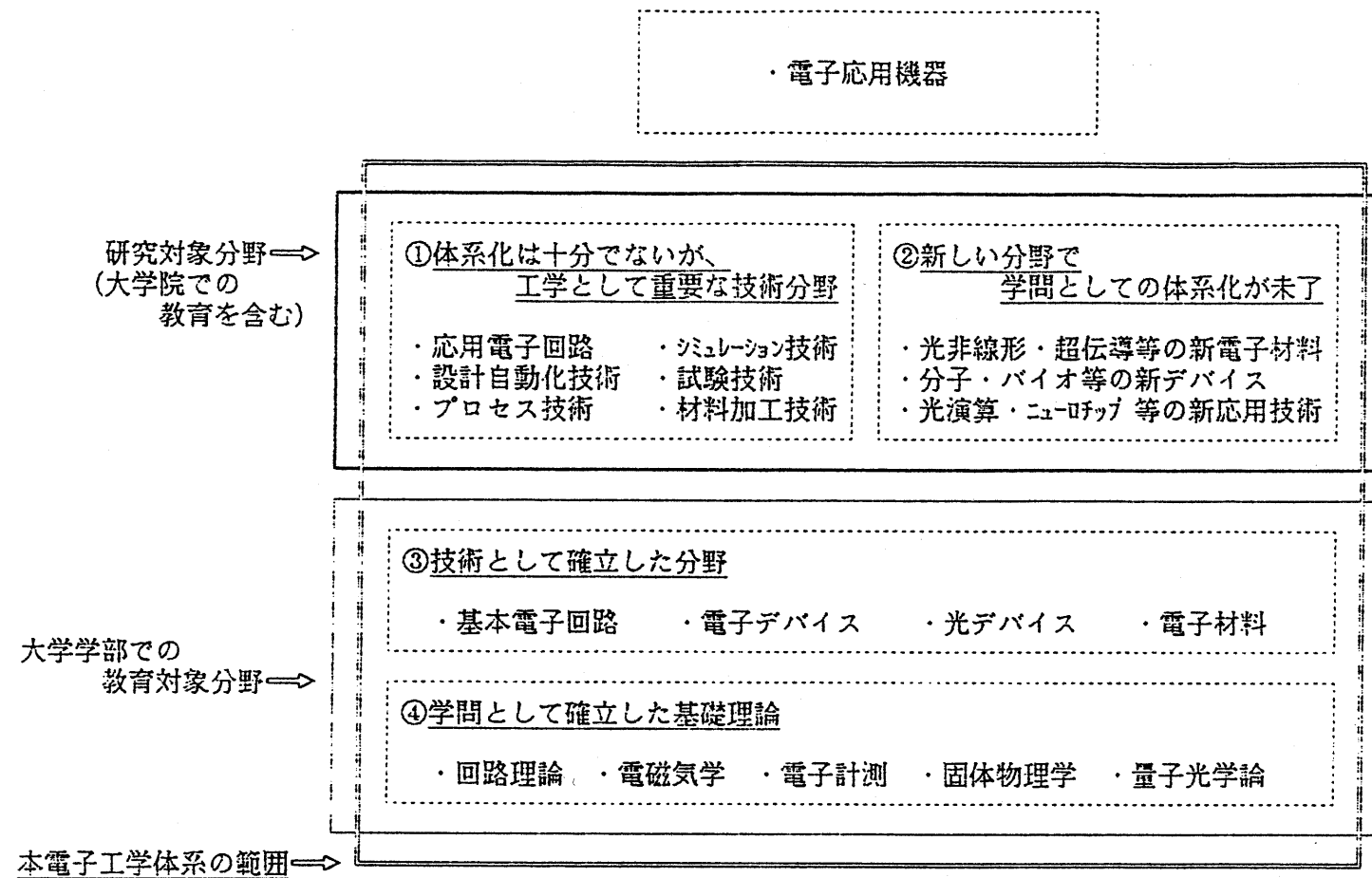


図-3 電子工学体系の範囲と研究・教育分野の関連図