

# エレクトロニクス技術が開く未来の ICT 社会

## A roadmap of electronics technologies

浦野正美 瀧口浩一 檜枝護重  
Masami Urano Koichi Takiguchi Morishige Hieda

ロードマップ委員会 エレクトロニクスソサイエティ  
The Roadmap Committee of the IEICE Electronics Society

### 1. まえがき

エレクトロニクスソサイエティでは、研究専門委員会からの代表者からなるロードマップ WG を設置し、ロードマップの作成に着手した。本稿では、このロードマップについて概説する。

### 2. ロードマップ作成の進め方

日本学術会議に提出したロードマップ[1]の研究分野毎に、研究分野が関連する 1~4 の研究専門委員会を一つのグループとして研専レベルでのロードマップを作成した(表 1)。それぞれのロードマップから現在～、2030 年まで、2050 年までのそれぞれの代表的なキーワードを抽出し、実現すべきシステム、サービス(表 2)をまとめた。達成すべき技術目標(表 3)については、エレクトロニクスソサイエティの研究分野に合わせて、(1)電磁界およびマイクロ波、(2)化合物半導体および光エレクトロニクス、(3)シリコンおよびエレクトロニクス一般、の各分野毎にキーワードをまとめた。

### 3. まとめ

各研究専門委員会における議論を元に、2050 年までのロードマップを作成し、ICT 社会像およびそれを実現するエレクトロニクス技術の技術目標をまとめた。本ロードマップを題材として、システムから材料・デバイスの、研専やソサイエティの壁を超えた幅広い議論を期待したい。参考文献：[1]「理学・工学分野における科学・夢ロードマップ」、日本学術会議

謝辞：ロードマップ作成にご協力いただいたロードマップ WG メンバおよび各研専の皆様、ご指導いただく荒木エレスソ会長、榎木エレスソ次期会長はじめ関係者の皆様、ロードマップ委員会の皆様に感謝致します。

表 1 研究分野およびロードマップ作成のグループ

研究分野	研究専門委員会
材料・デバイス	集積回路
	シリコン材料・デバイス、電子デバイス、電子部品・材料
	機構デバイス
	超伝導エレクトロニクス
電波・光	有機エレクトロニクス、ポリマー光集積回路
	光エレクトロニクス、レーザ・量子エレクトロニクス、集積光デバイスと応用技術、超高速光エレクトロニクス
	次世代ナノ、シリコンフォトリソグラフィ、マイクロ波、電磁界理論、エレクトロニクスシミュレーション
磁気・量子技術	量子情報技術
センシング、通信・伝送	マイクロ波・ミリ波フォトリソグラフィ、テラヘルツ応用システム
記録・記憶	磁気記録・情報ストレージ
表示	電子ディスプレイ

表 2 エレクトロニクスソサイエティが考える実現すべきシステム、サービス

		現在～	2030 年まで	2050 年まで
コミュニケーション基盤	通信	1Gb/s 無線通信、クラウド、ブロードバンド、放送、携帯、近距離通信	>100Gb/s ユビキタス通信、通信インフラ・クラウド	10Tb/s 量子情報通信、スペースクラウド
	ネットワーク	量子中継技術、IP ネットワーク	光電融合、量子暗号ネットワーク、光パケットネットワーク	全光化、光時空間制御、量子情報セキュリティネットワーク、自己再生ネットワーク
	電子機器・コンピュータ	ユビキタス、スマートフォン、小型量子コンピュータ	環境エレクトロニクス、小型高機能化によるウェアラブルデバイス、汎用大型量子コンピュータ	自律エレクトロニクス、心通わす通信、思考イメージ伝達、身体と自然に融合するデバイス、実用量子コンピュータ
持続可能社会	エネルギー	スマートグリッド、太陽光、風力発電	建物レベルでの消費エネルギーマネージメント、自然エネルギー利用発電	地球規模でデータ収集(自然災害予測など)と解析、環境データ収集による消費エネルギーマネージメント、宇宙太陽光発電
	センシング	センサーネット、地下探査、地雷探査、レーダ、リモートセンシング	ユビキタスセンサー、非破壊検査、波長分解能を超えるレーダ	生体応用センサー、電磁界技術を用いた自然災害予測

少子高齢化社会	電子機器	誰もが安心して使える電子機器、いつでも、どこでも、誰にでも、何にでもエレクトロニクス	生体支援型の電子機器、人とエレクトロニクスのシームレスな融合	意識せずに利用される電子機器、生物・化学・エレクトロニクスの融合
	医療	拠点病院での最先端医療診断、バイオセンサー、ホームヘルスケア	地域病院での高度医療診断、ドラッグデリバリー、見守り/お手伝い/癒しロボット、遠隔医療、遠隔手術、予防医療	家庭での高度先端医療診断、再生医療、オーダーメイド治療
社会知識	表示	ハイビジョン、生活に役立つディスプレイ	スーパーハイビジョン、有ると感じさせないディスプレイ、コンタクト型ディスプレイ	3D ホログラフィー、人と一体化するディスプレイ、脳内ディスプレイ

表3 達成すべき技術目標

	現在～	2030年まで	2050年まで
材料・デバイス・製造技術	シリコン CMOS, GaAs, InP, GaN 化合物デバイス (RTD, HEMT, HBT)	シリコン超高速 CMOS, III-V 族超高速 MOS, 室温 THz-QCL, プラズモン共鳴デバイス	グラフェン, カーボンナノチューブ, シリコンナノワイヤー, ナノドットによる電子デバイス
	PIC (化合物, シリコン) 規模拡大・低消費電力化, 波長選択スイッチ使用 ROADM	大規模 PIC, 極低損失導波路・加工技術, 損失補償用半導体増幅器, 光電子融合集積回路, 3次元光配線, シリコンフォトンクスの躍進, ポリマー技術	プラズモニクス
	SoC, 高性能・低電力 IP, 3D 高密度実装, 高効率単一光子検出器, 高感度地磁気観測装置, 有機発光素子, 軽量・柔軟な電子回路, 有機トランジスタ, プラスチックファイバ, 3次元チップ実装, WLP, 低温ウェハ接合 MEMS, NEMS, バイオチップ, マイクロ TAS, 大規模超伝導デジタル回路, 高精度量子計測デバイス	極低電力デジタル・無線回路, 不揮発・書き換え可能メモリ, エナジーハーベスト, ナノ・インプリント, 異種材料集積デバイス, 大面積低コストプロセス, 低コスト・低環境負荷・大面積太陽電池, 大面積センサーアレイ, 印刷によるセキュリティタグ, 柔軟な光インタコネクション, ディスポーザブルデバイス, 生体埋め込みチップ, 超伝導メガピクセルセンサ	接続の再構成, 自己修復技術, 自己組織化, バッテリーレス・デバイス, 原子で組み立てるデバイス, 分子エレクトロニクス, フレキシブル光集積回路, 神経回路エレクトロニクス, 生体代替エレクトロニクス, バイオナノマシン, 生体親和素子, 大規模超伝導量子デバイス
電波・光技術	Maxwell 方程式の解析的な解法, 有限周期構造の数値解法個別回路の性能把握, シミュレーション技術部品, モジュール個別設計	Maxwell 方程式の 2次元の解法 (低周波・高周波近似), 有限周期構造の小規模解析的解法, システムレベルの性能把握, シミュレーション技術	Maxwell 方程式の 3次元の解法 (分散性・異方性媒質, 非線形媒質), 有限周期構造の完全解析的解法, システムレベルの自動最適設計技術
	シリコン導波路微細加工集積技術, 光電子融合技術, ナノフォトンニック素子	ナノ・プラズモニクス技術, プラズモン・ポラリトン素子, 近接場光技術	光・量子技術, スピン・量子技術, メタ光素子
磁気・量子技術	高性能量子ビット発生・検出技術	量子符号化技術, 光万能量子ゲート	量子ノード技術, オンデマンド量子もつれ生成・制御, 高感度高精度量子状態検出技術
センシング	THz イメージング	THz スペクトロスコーピー	ユビキタスセンサーネットワーク
通信・伝送	光・無線融合 (RoF), テラビット・ペタビット伝送	フォトミキシング, RoFSN (Radio on Free Space Network), エクサビット伝送, テラビット無線	超高密度多値変調, ゼタビット伝送, 衛星間 RoFSN
記録・記憶		大容量光メモリ	光 DSP
表示	IPS 光配向液晶, 壁掛け有機 EL, フルカラー電子ペーパー, 超高精細ディスプレイ, 多眼式立体ディスプレイ	インセル化液晶, 曲面有機 EL ディスプレイ, フルフレキシブル電子ペーパー, 超高臨場感ディスプレイ, フレキシブル動画ディスプレイ	真の電子ペーパー, デジタルホログラフィー, ホログラフィック立体ディスプレイ
エネルギー	磁界結合による大電力供給, 無線電力伝送	無線伝送による大電力供給, 無線電力・データ伝送	宇宙太陽光発電による無線大電力供給, 光エネルギー伝送