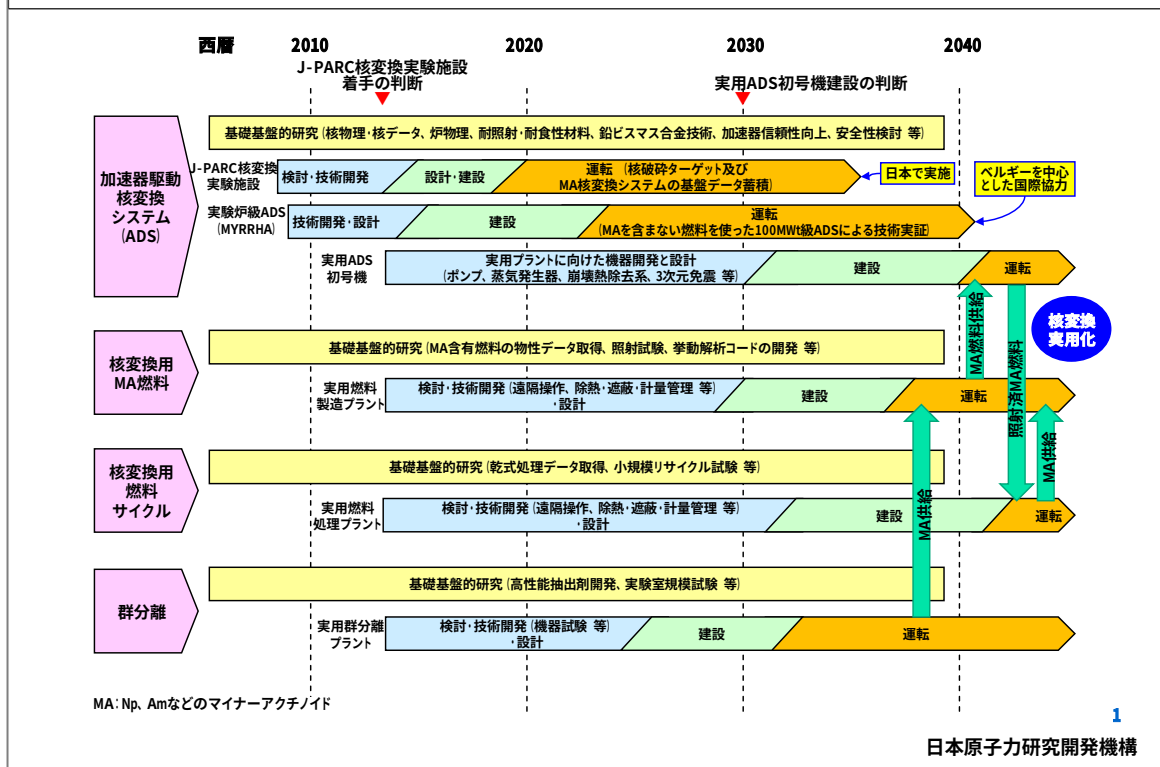


7-1-10 応用物理学 ～人材育成～



7-2 エネルギーと資源

～加速器駆動システム (ADS) による長寿命放射性廃棄物の核変換技術への挑戦～

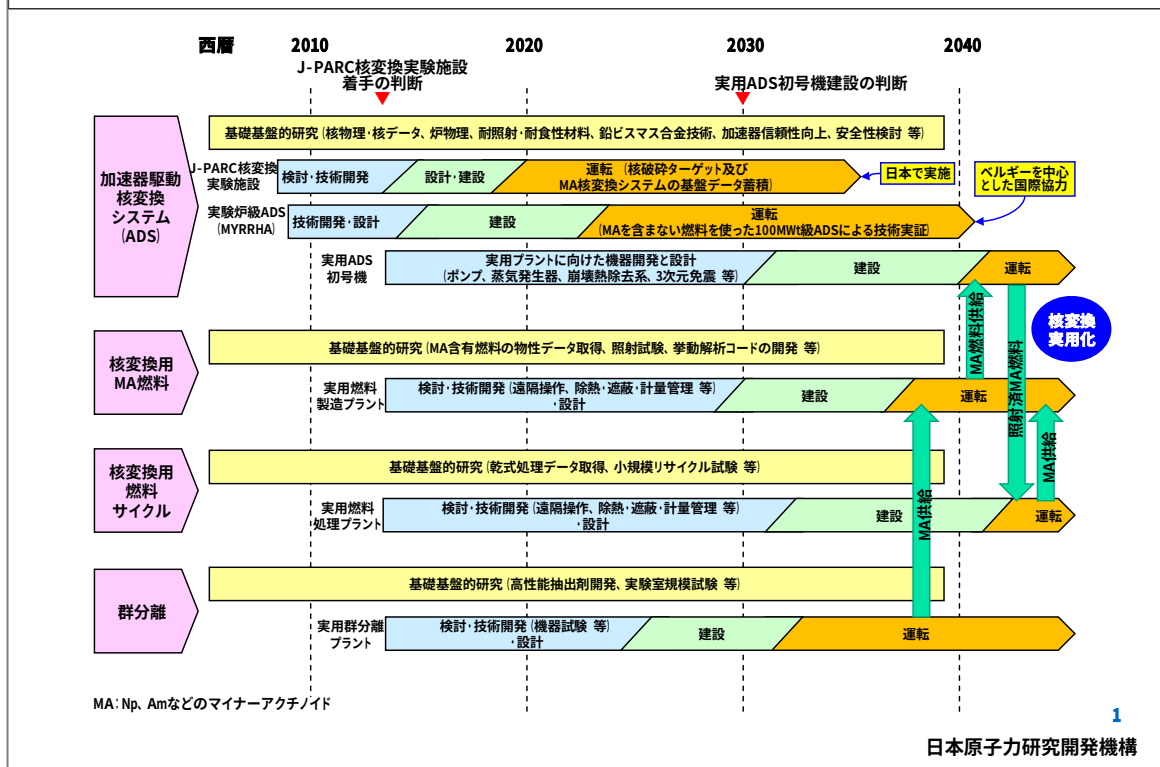


7-1-10 応用物理学 ～人材育成～

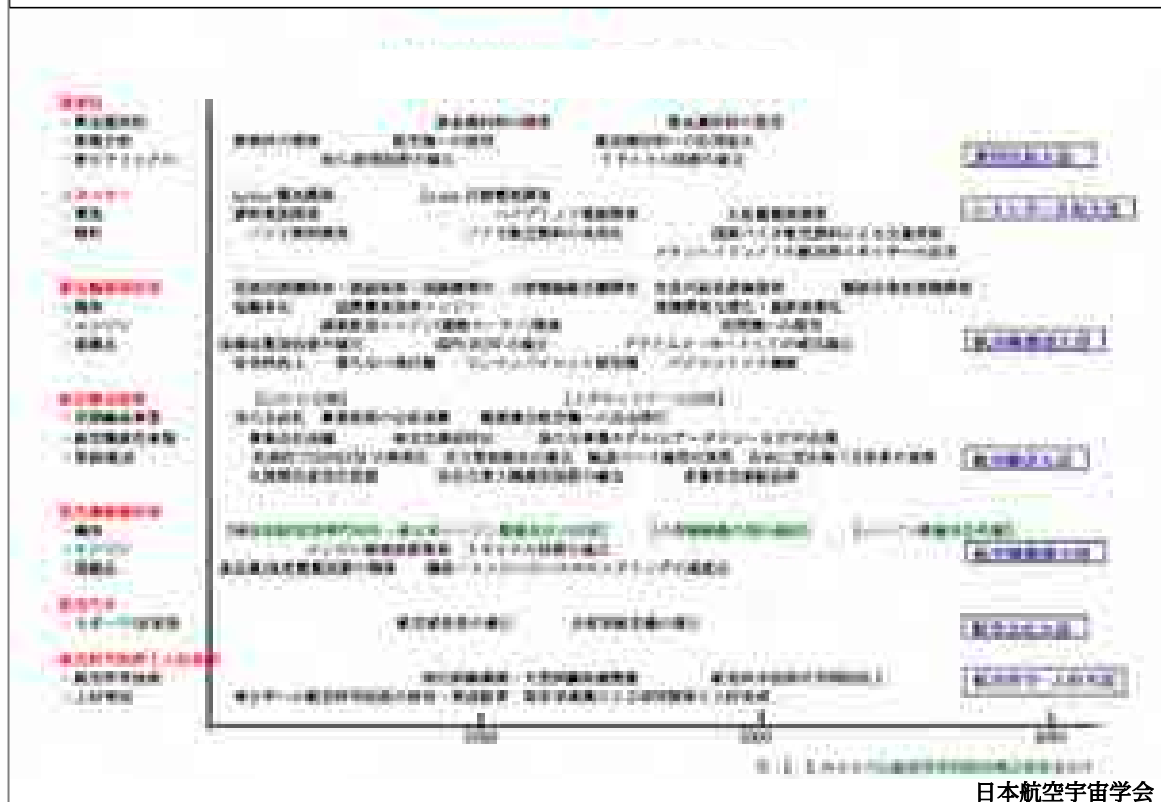


7-2 エネルギーと資源

～加速器駆動システム (ADS) による長寿命放射性廃棄物の核変換技術への挑戦～



7-3-1-1 航空宇宙 航空科学技術



7-3-1-2 航空宇宙 航空科学技術構想図



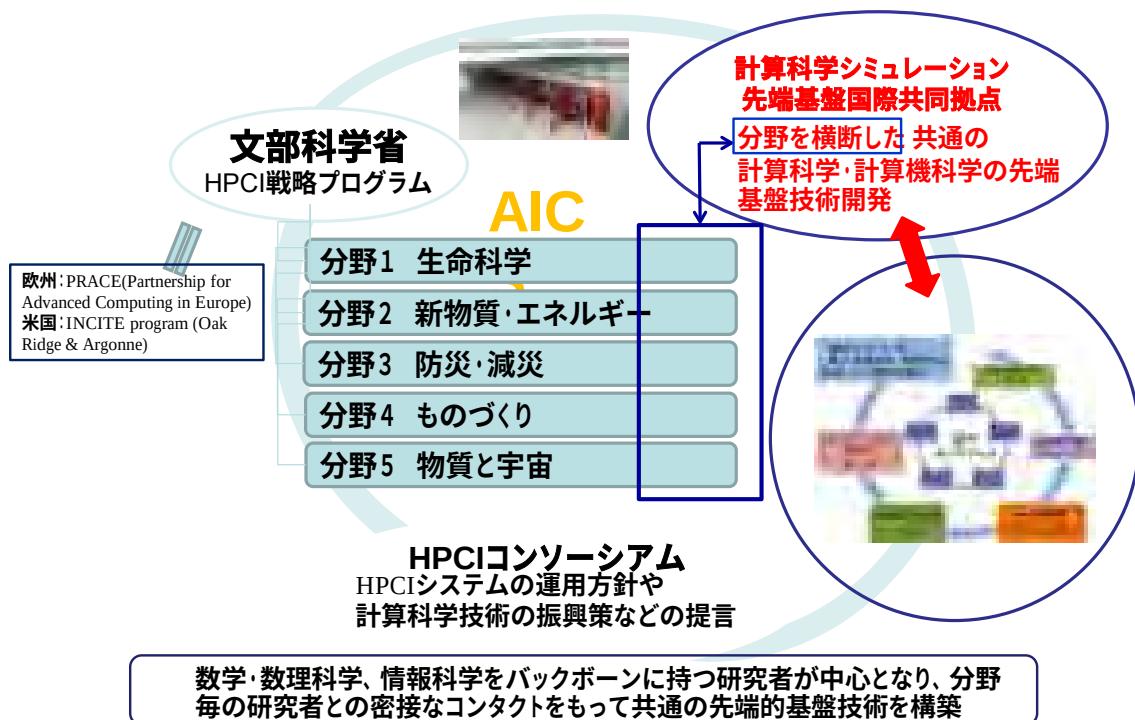


7-3-2-3 航空宇宙 宇宙利用・地球観測



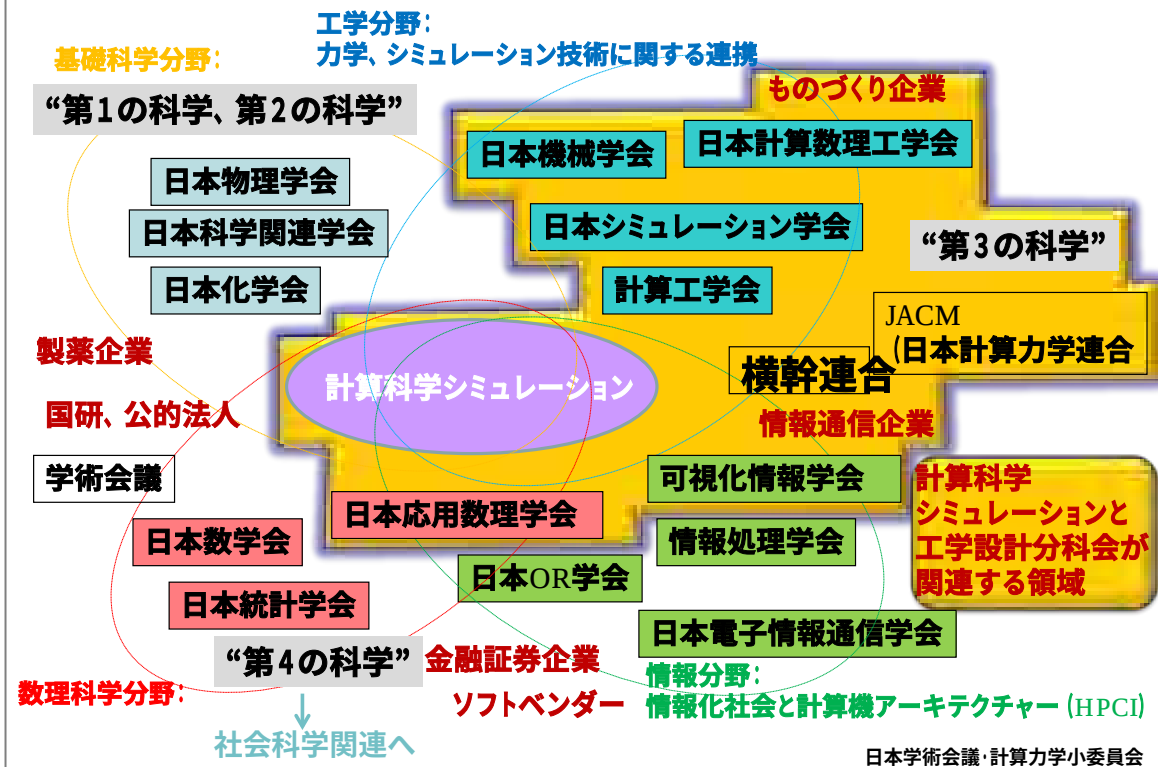
日本航空宇宙学会

7-4-1 計算科学シミュレーション ～現状組織と理想の組織ロードマップ～



計算力学小委員会

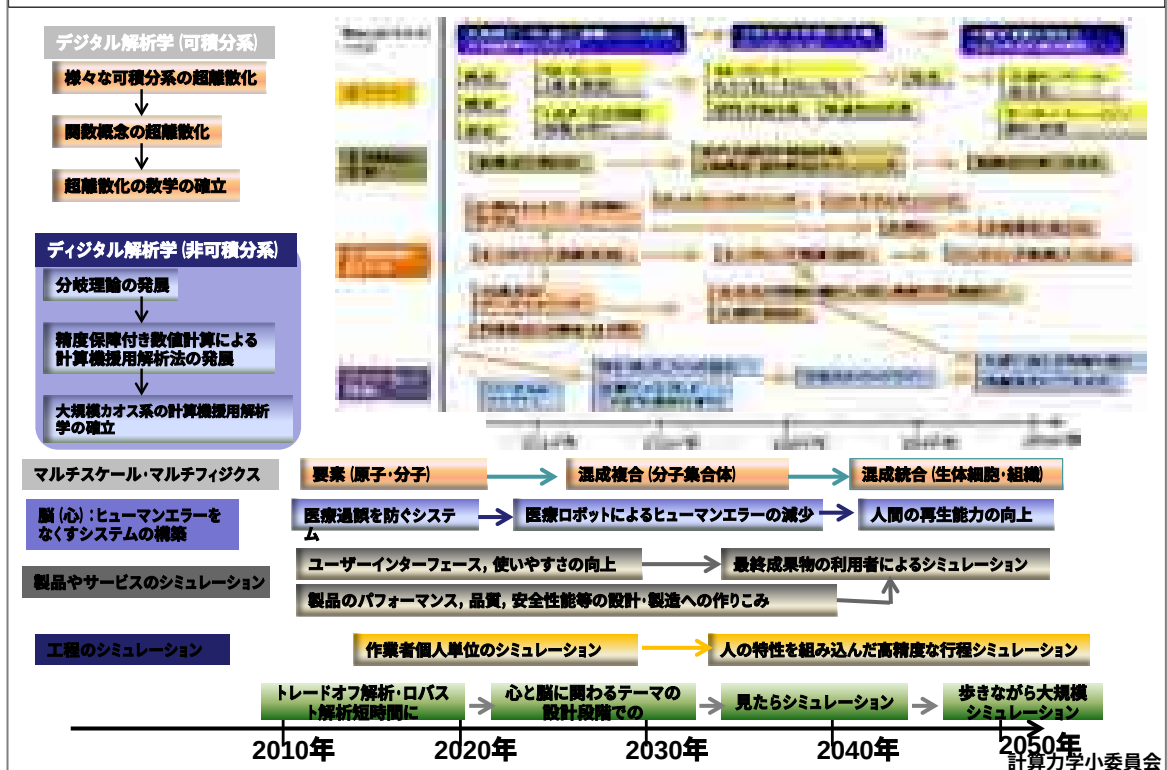
7-4-2 計算科学シミュレーション ～関連学会とその広がり～



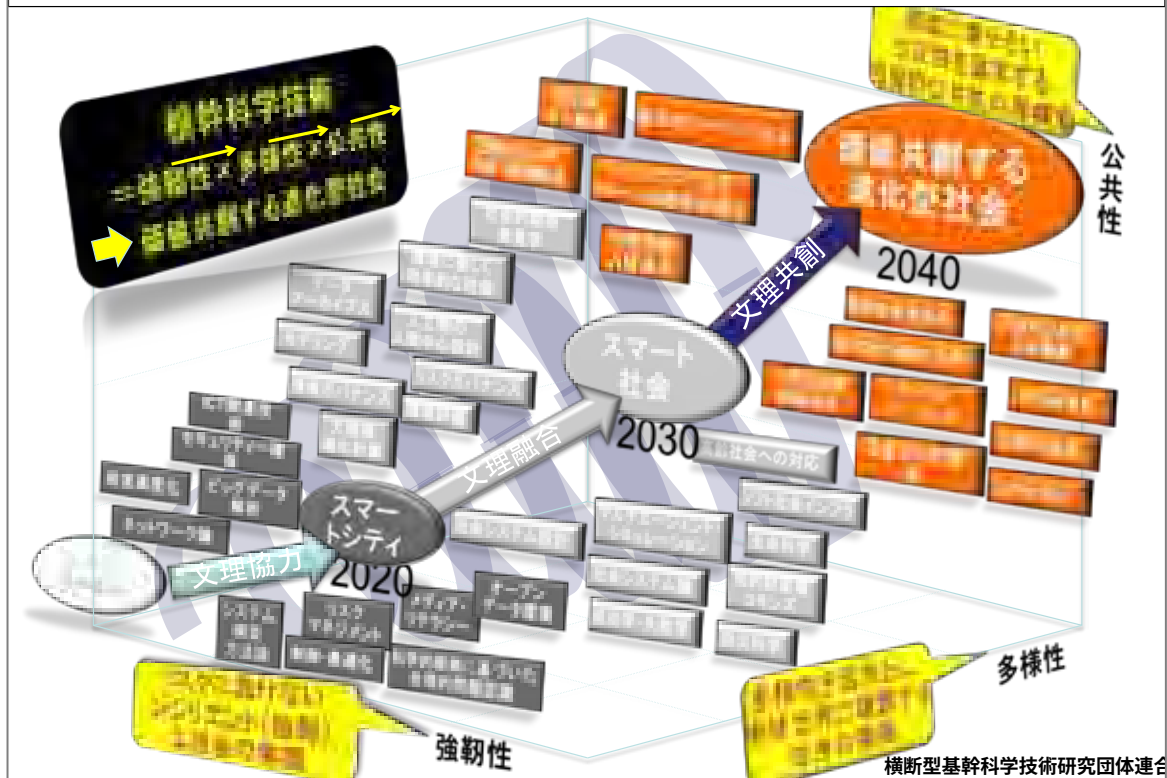
7-4-3 計算科学シミュレーション ～心と脳シミュレーション～ (新たな展開と深化を目指して)

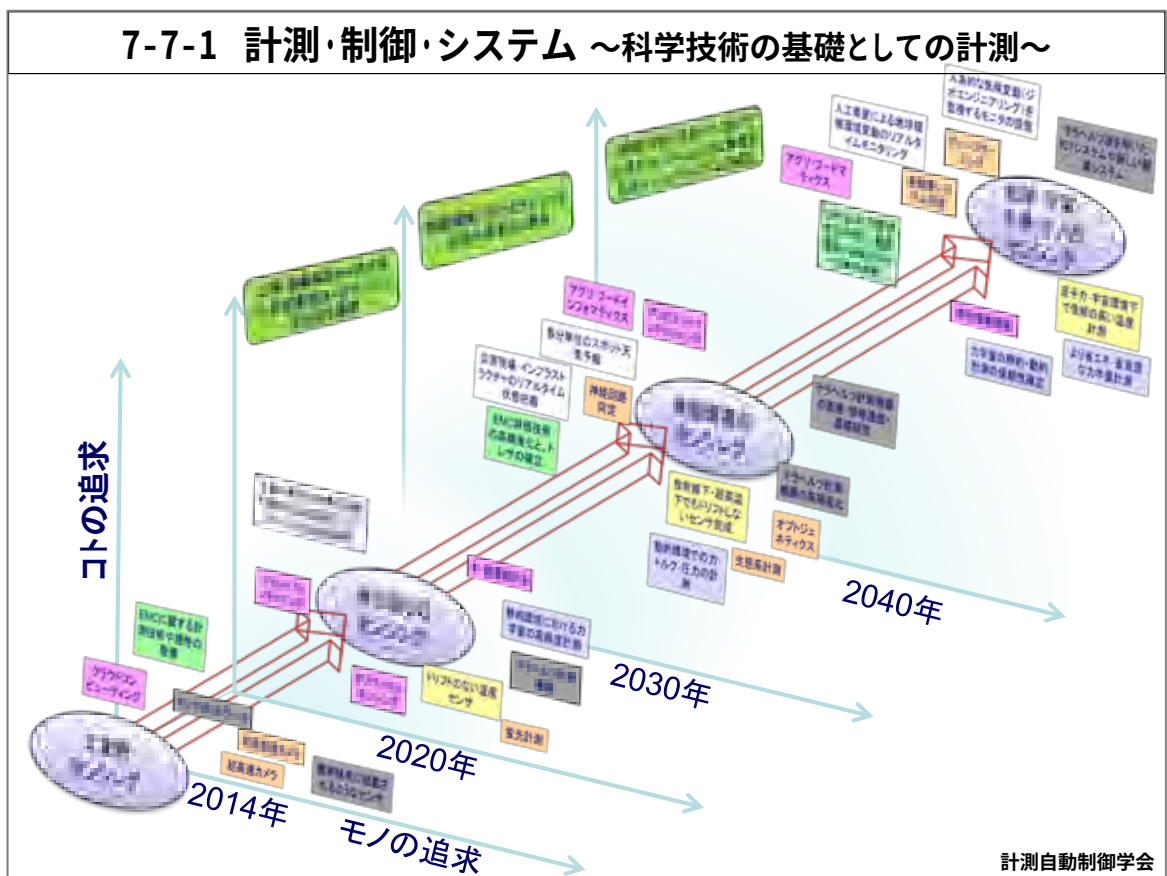
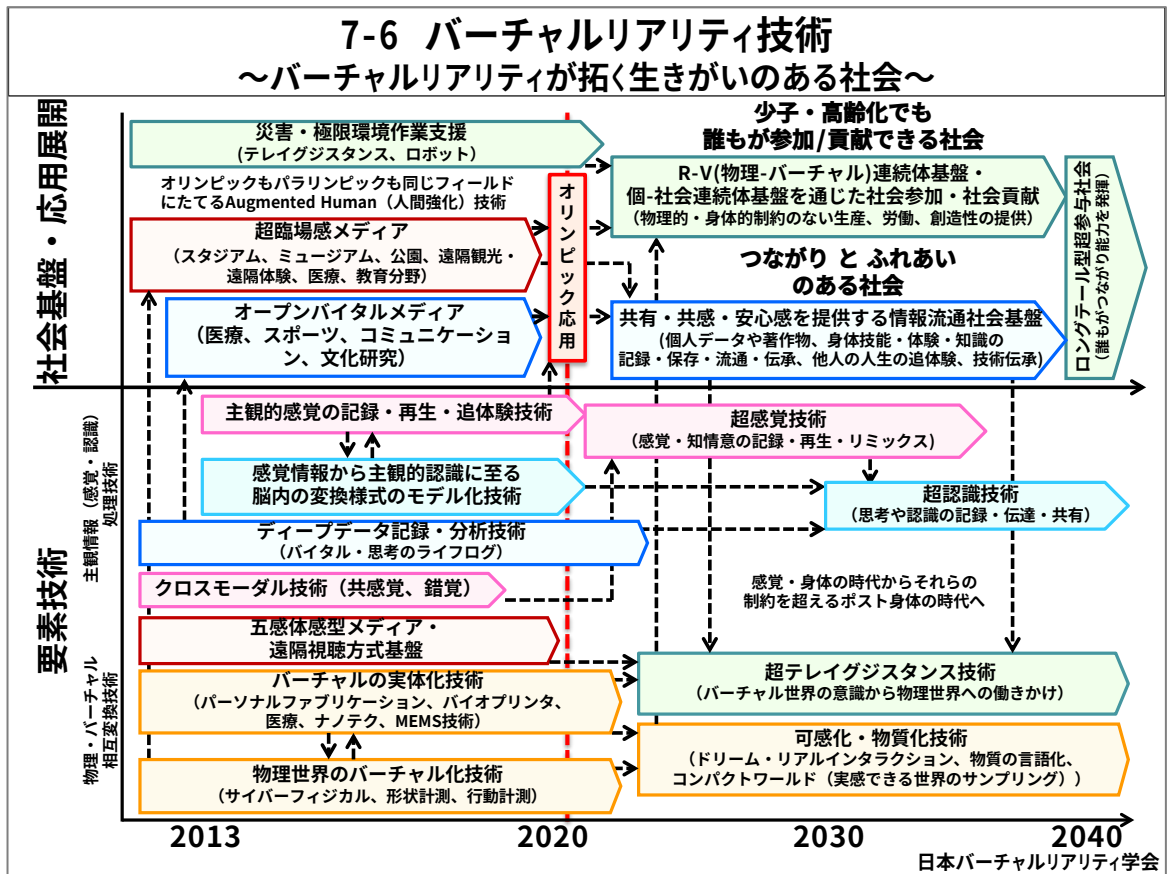


7-4-4 計算科学シミュレーション ～物づくりシミュレーション～ (新たな展開と深化を目指して)

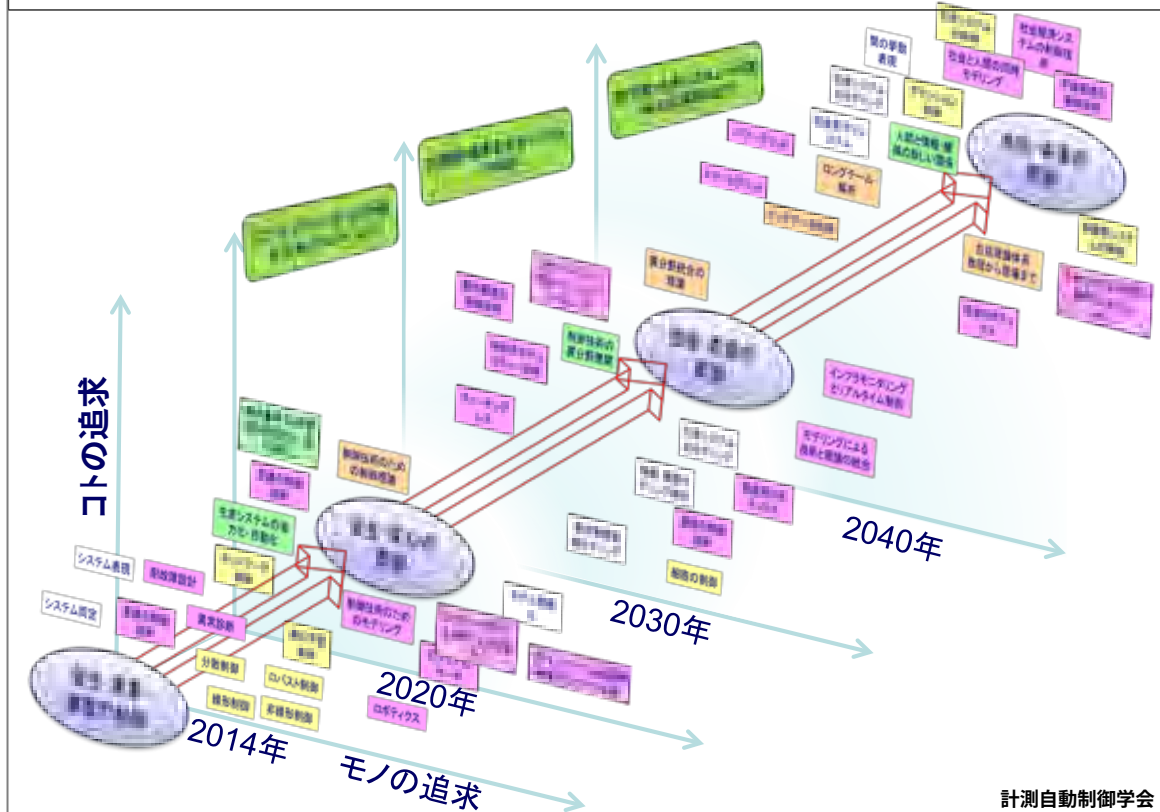


7-5 知の統合学の夢ロードマップ ～価値共創するレジリエントな進化型社会を実現する横幹科学技術～



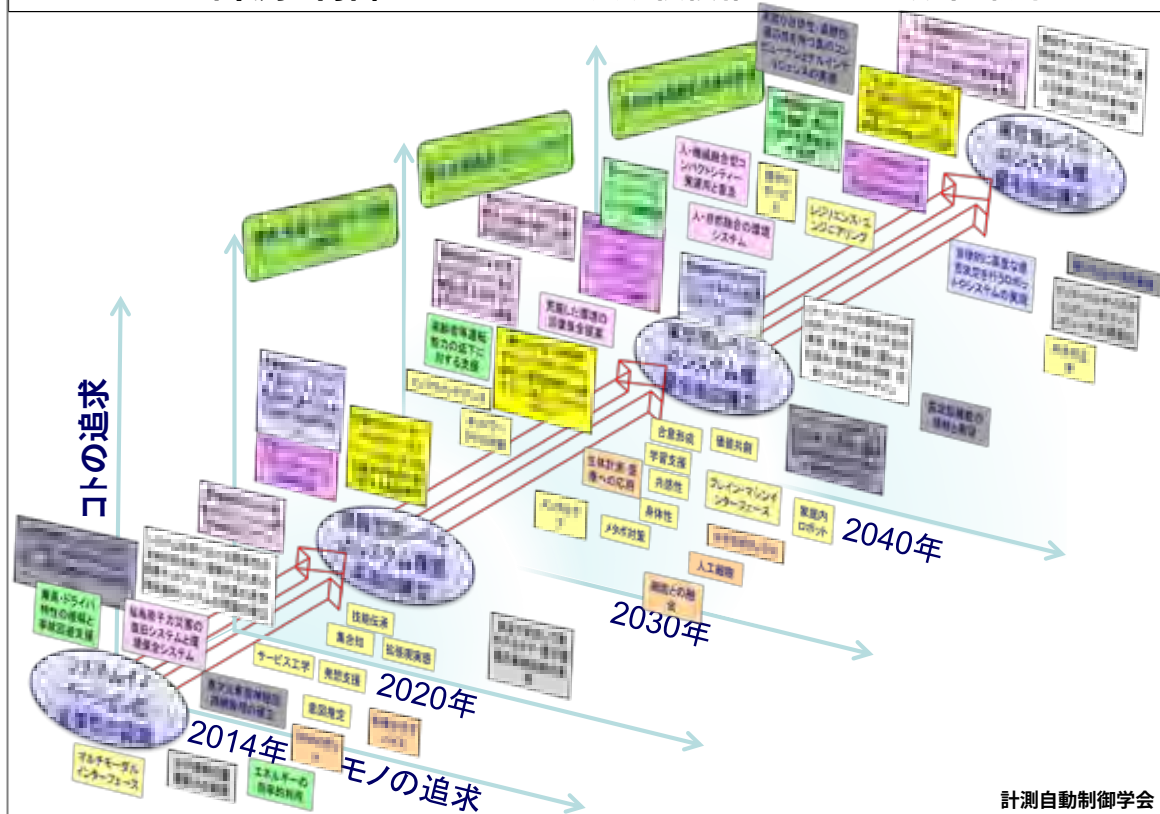


7-7-2 計測・制御・システム ～人工物・環境・社会の制御～



計測自動制御学会

7-7-3 計測・制御・システム ～大規模複雑システムの設計と構築～



計測自動制御学会

(8) 機械工学分野

① 機械工学分野のビジョン

18 世紀の産業革命以降の人類社会の近代化は、様々な機械システムの普及に依拠してきたといっても過言ではない。しかし、人口、資源・エネルギー、環境等の様々な地球規模で生じる問題が顕在化するのに伴い、人類の文明文化の均衡ある発展には、機械工学自体の拡充と多様な学問分野との学融合による総合的方法論の確立が必要不可欠となっている。一方、学術としての機械工学は、材料力学、熱力学、流体力学、並びに機械力学の基礎 4 力学を中心とした分析（アナリシス）と、設計と生産を中心にした総合、或いは統合（シンセシス）の学術コアから構成されるディシプリンに、様々な応用技術（人工物の科学）に関わる工学知を組み上げた立体構造を有する[9]。このような構造を有する機械工学は、「外部から与えられた資源（エネルギー、情報）を所要の機能に変形・変換する働きを有する機械に関わる自然科学とその設計に関わる科学から構成される学問」と定義されている[10]。今後、機械工学は個別学術分野の深化と拡張と共に、自然科学分野、さらには人文・社会科学分野をも包含する科学と技術の融合や協同を進め、先端・融合のフロンティア領域の開拓、機械の創造・利用、並びに人間・自然環境の持続性を可能とするハーモナイゼーションの学術の構築が目指すべき発展の目標となる。したがって機械工学は、多くの自然科学分野との密接な連関を有すると共に、人間生活や社会において基盤的知識・知恵となる学問であるため人文社会分野を含むあらゆる学術分野との協働が必要であり、その結果、多面的かつ総合的な発展の可能性を有している。

21 世紀の社会における機械工学のミッションは、科学の共通課題「社会のための科学・技術」への貢献であり、特に、「人と社会を支える機械工学」として、環境制約、資源制約のもとで、安心・安全で真に豊かさの感じられる持続的な社会を構築するための具体的な方策を提示することである[11]。すなわち、あらゆる生産・消費活動において、低炭素化に向かう流れを誘導せねばならず、機械工学は他の学術分野と広く協働して、目に見える具体的成果を継続的に生み出していく役割を有している。そのためには独自の科学・技術研究開発の優れた成果によってイノベーションを達成し、新たな産業を発展させ、国際社会へ我が国の優れた製品や知識を提供できるようにすることが求められる。すなわち機械工学は活力ある知識基盤社会を我が国に実現するための有用な学問分野である。こうした科学・技術駆動型イノベーションの創出において、機械工学の学術的、技術的な貢献が極めて重要である。

機械工学の学術的な役割は、それ自身の深化と同時に、基礎科学及び学際分野と連携して、社会から求められる技術や価値を創造するための基盤的な知の体系を築き、科学・技術駆動型イノベーション創出の原動力としての工学を実現することである。社会との関係で見れば、機械工学は、これまで高度な機能代替型の機械システムを普及させ、さらに近年、多様な知能代替型の機械システムを生み出している。今後、こ

これらの多様なものづくりの技術と産業を 21 世紀の地球社会にふさわしい持続性ある姿に転換し、人間の感情や感性、夢や希望にも応えられるような技術パラダイムを切り拓いていくことが機械工学に与えられた社会的役割であるといえる[8]。

こうした機械工学の役割を合理的に達成するためには、大学等の高等教育機関と産業界の各々の改革と共に、オープンイノベーションを指向したダイナミックな連携に基づく、戦略的研究開発体制の構築が必要である。そのためには、ビジョン駆動型、ビジョン牽引型、目的指向型の基盤研究を推進する必要がある、次世代の機械工学の研究開発を担う人材を確保、育成する教育体制の整備も必要である。

② 機械工学分野の夢ロードマップの考え方

学問領域である機械工学の構造特性に由来して、機械工学は対象を選ばず、広範な学及び技術の基盤を創造する役割を果たしている。さらに人間社会のための科学・技術の方向性を常に牽引しうる特性を有している。また、機械工学のディシプリンは、今なお科学としての学術的な飛躍と発展の可能性を有している。機械工学は、多様なスケールに及ぶ力学を基盤とした認識科学と、ものづくりや価値創造を先導する設計科学としての 2 つの機能を堅持しつつ、先進的な研究開発を持続することが課題である。一方、ものづくりのプロセスには社会の持続性との調和、それらを利用する人々との意思疎通が必要であり、ハーモナイゼーションとしての学術を取り込むことも重要である。また、先端・融合による機械工学フロンティアの開拓も重要なベクトルとなる[12]。それらの点を勘案して、機械工学分野のロードマップとして、機械工学分野全体と自動車工学の夢ロードマップを示す。

ア 機械工学分野の夢ロードマップ

広範な学術領域を含む機械工学の構造特性から、様々な切り口で夢ロードマップを描くことができる。ここに示すロードマップには、(ア)アナリシスの学術コアの進展、(イ)シンセシスの学術コアの進展、(ウ)ハーモナイゼーションの学術としての進展、(エ)先端・融合領域における機械工学フロンティアの開拓、の総計 4 つの軸に集約される方向性が明確に表れていることを確認できる。

(ア) アナリシスの学術コア（認識科学としての機械工学）の進展

機械工学におけるアナリシスの学術基盤は、分析対象の本質に迫る力学体系により構成されているのが特徴である。例えば、固体の変形と破壊に関わる現象を取り扱う材料力学は、交通機器やエネルギー機器を始めとしてすべての機械の設計・製造や運用・保守等のための基盤学術であり、社会の安心・安全の向上に貢献する。今後も機器の設計に関する基盤である材料力学には、MEMS/NEMS や電子/光デバイスに関連した微小材料（マイクロ/ナノ・マテリアル）の強度や生体機能と関連した材料の微視的力学等、その学術的展開が期待される。そのためには、

分子動力学、量子力学、或いは生物学・医学等の知識との融合が必要である。また、宇宙や海洋等の極限環境下で使用される種々の材料の問題は、最先端の力学を必要とし、材料力学をさらに発展させていくことが期待される。

一方、流体力学は流れの本質を理解し、その挙動を予測し、制御するための学問として発達してきた。最近の流体力学の進展は、対象の時間・空間スケールの広がり、新たな応用分野への展開の2点に集約される。例えば、数値解析手法の進歩と計算機性能の向上により、微細な乱流の渦運動の数値シミュレーションが可能となると共に、分子動力学を応用して、界面現象の解明や生体組織の理解が進んでいる。今後、相変化、化学反応、音の発生等、様々な物理・化学現象の解析と制御が進展することが期待される。一方、シンセシスを意図した研究の進展も期待される。例えば、高レイノルズ数乱流の直接数値シミュレーションから生み出される膨大な数値データから流れの本質的な機構を理解し、設計に有用な情報を抽出するための方法論の確立が重要となる。また、乱流渦を直接的な対象とした制御技術等の開発によって、例えば、航空機の騒音低減や高速車両の抵抗低減等の実現が期待される。そのためには、微小なセンサー、アクチュエータ等の要素研究開発や、非線形現象を対象とした制御手法の開発等がその成否の鍵を握っており、設計・制御工学との融合が重要な課題としてクローズアップされるものと考えられる。

熱伝導、ふく射等の熱輸送現象や化学反応、流体の熱物性、そして熱と仕事との変換過程を体系化した学術である熱工分野においては、相変化現象、界面現象、反応流や燃焼流等の未解明な現象も多く、これらの解明、予測、制御を主要な研究課題として、一層の発展が期待される。分子動力学法や量子力学計算の応用により、マイクロ・ナノスケールでの現象の解明や理解をもとに、マクロな現象の解明や予測が進展するものと期待される。これらの知見をマクロスケールの実際の機械の設計に組み入れる手法も重要である。例えば、乱れスケールによりはるかに小さい空間・時間スケールを有する燃焼流の予測や制御の手法の開発が望まれる。また、熱工学は、人間や機械に関わる事象の非線形散逸系としての状態変化にマクロ的な方向性を与える普遍的学理を提供するので、バイオエンジニアリングやナノテクノロジー等の新分野においても強力な学術基盤として機能することが期待される。

剛体の運動や振動を対象とした機械力学分野においても、その応用分野の拡大に伴い、弾性振動、熱・流体関連振動、自励振動、或いは非線形系の振動問題等、他の力学との連成解析が進展してきた。また、剛体運動やリンク機構を扱う機構学から発展したロボット工学、運動解析から発展した車両工学等、新たな工学分野の開拓に貢献してきた。この分野でもコンピュータ・シミュレーションの応用

が進んでいるが、特に、多体系の動力学解析（マルチボディ・ダイナミクス）の発展は著しく、最近では機械を構成する複雑な剛体の結び付きだけでなく、弾性体要素、流体要素、トライボロジーまで含め、シミュレーションモデルを生成し、高度な設計・開発のニーズに応えられるようになってきた。さらに、機械力学は姿勢制御、振動制御の基礎となっていることから、制御工学との結び付きも強く、電子工学や電気工学と融合したメカトロニクスの発展にも寄与してきた学術といえる。このように、機械力学は、今後とも他の基礎力学と共に発展を続けながら、シンセシスの学術コアとの有機的結合を先導する有用な力学として貢献することが期待される。

(イ) シンセシスの学術コア（設計科学としての機械工学）の進展

現象や特性の解明や分析に力点が置かれた学術コアの知見を活かして人間が必要とするものを創り出すための、シンセシスの学術コアの重要性は今後一層増していくと考えられる。一方、設計・生産・加工・計測・使用・廃棄・回収といった一連の「ものづくり分野」は、機械工学だけではなく、あらゆる学術分野の成果を統合し、新しいものを創造していくための学術の構築を目指している[13]。しかし、その多様性と知識の急速な拡大に対して、学術としての体系化は遅れている現況にある。ものづくり分野の学術の体系化にあたっては、自然に存在するものを活用して、人間が必要とするものを人為的に創り出すための普遍的な法則を導き出すと共に、説明・記述する学術基盤としての設計の科学を改めて問い直す努力が必要となろう。そのためには、作図、製図、CAD、CAM、CATという積み上げ的に構築された方法論を脱却し、環境→顧客→製品→部材→加工→設計→材料という従来とは逆のプロセスからものづくりを分析し、全体プロセスを一体的にデジタル・エンジニアリング化する手法についても学術的に探求する必要がある。

機械工学とものづくりとは、これまで相互に強い影響を及ぼしあいながら発展してきた。今後、より密接な協働によって社会の要求に対応していく必要がある。すなわち、機械工学の原理・原則に基づいて構想される革新的な機械システムが、その生産プロセスやサービス形態までを含めて設計される。その一方で、精緻で巧みな製造技術によってそれらが忠実に創成され、その結果が直ちにフィードバックされるコンカレントな関係が実現されれば、シンセシスの学術コアが実現化技術（Enabling Technologies）としての役割を一層高めることができる。

(ウ) ハーモナイゼーションの学術としての進展

独特の構造を有する機械工学のディシプリンとものづくり科学を包含する機械工学には、今後さらに機械の創造・利用と人間・自然環境の持続性を可能とするハーモナイゼーションのための学術の確立が求められる。ここで「ものづくり」

という言葉には、製品の企画・構想から、開発、設計、生産計画、製造、使用、評価（市場における評価も含む）、廃棄、回収、再利用に至るすべてのプロセスが包含されている。産業革命以降、機械は主として産業側の視点から創造され、供給されてきたため、その供給者と使用者（受益者）の規範は必ずしも一致していない。しかし、機械は本来それを利用する人間に利便性と喜びを付与するものであることから、供給者と使用者の一体化した開発規範への転換が始まり、人間の感覚、知覚、環境と人間との仲立ちを支援するインターフェースとしての生活機械が求められるものと予想できる。例えば、機械工学に基づいて創成された機械や機械システムが人間社会の利便性付与と安全性確保にいかに関与すべきかという問いかけに応えるサービス科学や安全科学、さらには自然環境との視点から製品ライフサイクル科学等が、社会にふさわしい機械やシステムの創造と利用をもたらすはずである。特に、ものづくり分野には、あらゆる面で持続可能な環境と社会との調和が求められており、これを推進するために、前述のように、まずは改めて学術的基盤を確立することが急務となっている。今後は、コスト、技術に加え、持続可能性、そしてものづくりを通じて提供するサービスを重視し、また、グローバル化・技術移転を視野に入れたものづくりを実現するための新たな学術が必要であると考えられる。さらには、2011年3月11日の東日本大震災を受けて、原子力発電設備等の大規模システムにおいて個々の専門知の隙間に弱点が存在していたことが明らかになり、それを克服するためには大規模システムに弱点が生じないようにシステム全体の信頼性を向上させる方法論の確立が求められている[14]。以上のことから、従来からの設計、製造関連の学術の進展に加えて、サービス、世界標準・規格、技術移転戦略、省エネルギー、環境調和、安全・安心等を視野に入れた学術が必要であり、これらすべてを包含する「ものづくり科学」、すなわち設計の科学の一分野として明確に位置づけ、機械工学をハーモナイゼーションの学術としても発展させることが重要である。

(エ) 先端・融合領域における機械工学フロンティアの開拓

機械工学の基盤的な学術コアやものづくり科学の発展性に加えて、先端領域、融合領域の学術分野を発展させていくことも機械工学の重要な役割である。そのような先端領域や融合領域の開拓の可能性は、無限である。例えば、新材料分野や熱流体分野の学融合による超高効率エネルギー変換、電力・燃料・情報ネットワーク融合による高度分散エネルギーシステムや新たな交通物流システム、電子・情報分野との融合による知能ロボット、生化学とMEMSの融合によるマイクロ生化学分析チップ、高性能計算機システムによるシミュレーション生産科学等、いずれも未来社会において豊かな生活環境や新たな価値を生み出す可能性を有するものである。

生命組織体の構造と機能を力学的な視点から捉えるバイオメカニクス分野では、これまで科学的に扱えなかった生物体を扱う固有の工学的的方法論を生み出す可能性がある。それによって、生体システムの原理を工学的に理解し、生体機能をバイオ・医療以外の技術にも応用し、社会の多様な要請にも応えることが可能となる。また、コンピューター上に作られる生命システムを工学的に応用して、高度な自律分散性と柔軟な適応性を発揮可能なシステムを構築し、ロボット技術やマイクロマシンの発展に繋げることも期待される。生体医用機械工学では、医療機器や車椅子等の福祉機械だけではなく、先進の医用マイクロデバイスや先進ロボティクス等、「新しい概念の機械」が次々に開発されつつある。微小な遠隔操作ロボットハンドの駆動には、レーザートラッピングによる光エネルギーが使われることも考えられるが、レーザー光学や制御工学だけでなく、表面修飾による親水化や細胞生物学等、従来の機械工学の範疇を超えた知識とそれを駆使していくことが要請される。

以上のように、先端領域・融合領域分野における機械工学の展開には、これまでに構築された力学主体の学問分野を基盤としながらも、アナリシス及びシンセシスの学術コアに加え、ものづくり科学に軸足を置いた研究開発が必要である。すなわち、従来の力学だけにこだわることなく、絶えず異分野の学問領域を吸収しながら新しい技術目標や研究領域を持続的に作り出す挑戦が、これからの機械工学のさらなる発展の鍵を握っていると考えられる。その結果、機械工学の基盤的学術が創成され、さらに発展していくことになる。

イ 自動車工学の夢ロードマップ

広範な分野を含む機械工学分野において最も代表的な工学の1つである自動車工学を対象とした夢ロードマップを示す。自動車工学は、具体的なミッションである「人と社会を支える機械工学」の一分野として、機械工学を基盤として様々な周辺の学問分野を融合しながら発展し、現在に至っている。その内容には人間社会における合理的な移動・輸送手段を実現するための工学、或いはそれらを製造するための工学を含んでいる。自動車工学の将来ビジョンは、製品供給者である自動車メーカーと製品利用者であるユーザーの両者の視点から描くことができるが、それらをここでは短期、中期、並びに長期に分けて示している。それら将来ビジョンの具体的な方向は、以下の(A)から(E)の5つに集約される。なお、具体的なビジョンの内容は、「②機械工学分野のロードマップ」で述べた4つの方向性にも対応していることから、両者の関係についても述べる。

(ア) 高齢化社会に対応する技術革新、新たなサービスの提供、輸送手段の開発の進展

自動車工学は、自由で安全に移動を楽しむことができるパーソナルモビリティから自動車・ネットワークの有機的な結合による新たな情報化社会の実現を目指している。短期ビジョンは、ハーモナイゼーションの学術としての進展、中長期ビジョンは先端・融合領域における機械工学フロンティアの開拓に含まれる。

(イ) 軽量化・高機能化・2酸化炭素排出量の削減に代表される地球環境の温暖化に対応する技術開発の進展

自動車車体やエンジンへの新素材の適用は、車体の軽量化やエンジンの高効率化に大きく貢献する。またインテリジェントでコンパクトな高効率生産システムの構築は、地球環境との調和を目指す生産手段を提供することになる。短中期ビジョンはシンセシスの学術コアの進展、長期ビジョンはハーモナイゼーションの学術としての進展と先端・融合領域における機械工学フロンティアの開拓に含まれる。

(ウ) 交通事故ゼロの実現を目指す安全・人間工学の体系化

プリクラッシュセーフティ等交通事故による歩行者・乗員の安全保護、総合的な安全運転支援システムの実現等社会におけるモビリティの安心・安全の実現を目指している。いずれの方向もハーモナイゼーションの学術としての進展に含まれる。

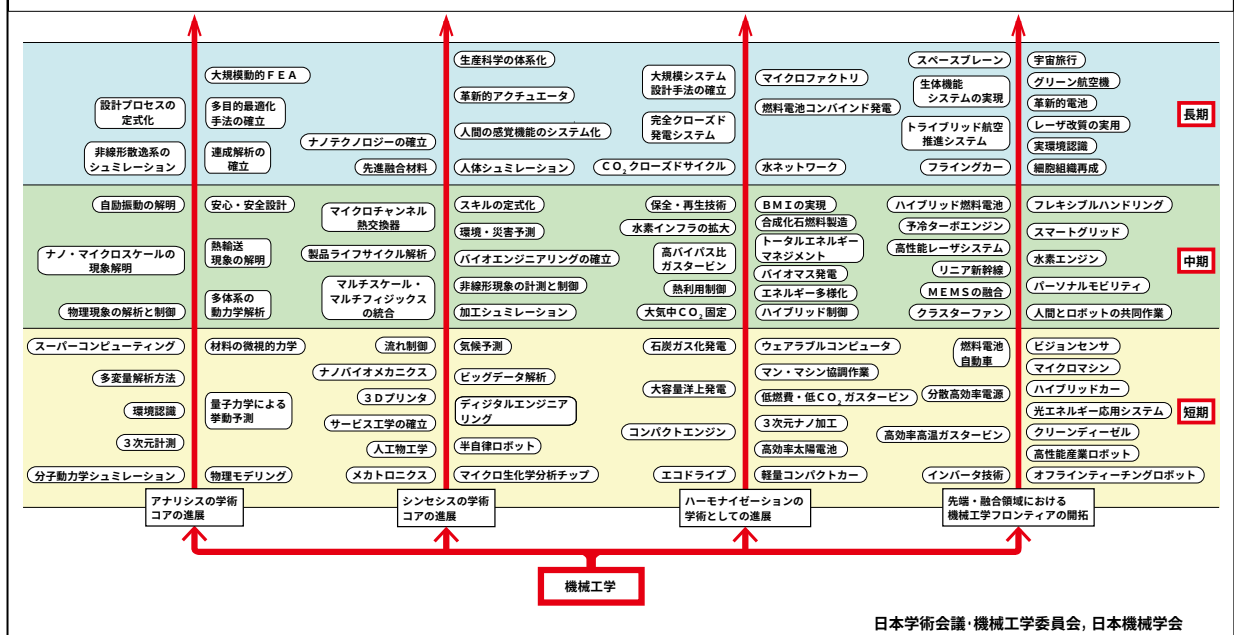
(エ) 新たな高性能の車両開発・車両運動の実現

運転者適応統合制御システム、静粛化室内の実現といった革新的な車体を開発するため、解析モデルの自動生成、メッシュレス有限要素解析等「ものづくり」のシステム化の実現を目指している。短期から長期にわたる項目は、いずれもアナリシスの学術コアの進展とハーモナイゼーションの学術としての進展に含まれる。

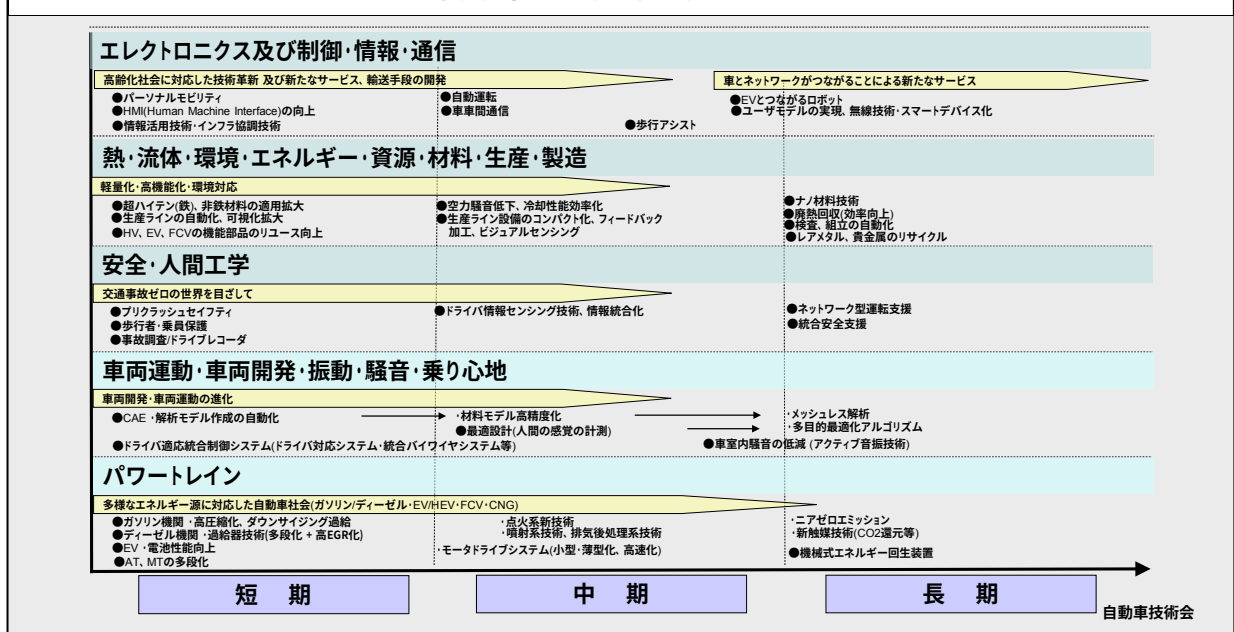
(オ) 多様なエネルギー源に対応可能な自動車社会の実現

原油価格の高騰や地球環境の温暖化に合理的に対応するという観点から、高効率エンジン、革新的モータ、エネルギー回生デバイス等の実現を目指している。いずれの項目についてもものづくり科学の発展と新分野への展開が期待されることから、具体的な短期ビジョンは、シンセシスの学術コアの進展、中長期ビジョンは先端・融合領域における機械工学フロンティアの開拓に含まれる。

8 機械工学分野の夢ロードマップ



8-1 自動車工学分野の夢ロードマップ



(9) 電気電子工学分野

① 電気電子工学分野のビジョン

電気電子工学とは、その基盤を物理学、数学、情報学の基礎に置き、ハードウェア面においては、電気磁気学及び量子力学等の原理を活用して、電磁氣的現象全般、電子の振る舞いやスピン、電磁波・光等を自在に操る学術体系である。そして、その周辺の学術体系とも継続的に連携を深めてきて広範な技術的成果を生み出し、人々に豊かな生活を提供すると共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に、中核的な役割を果たす学術体系でもある。

その広範な技術は、「エネルギー」を生み出し制御・供給する技術、通信技術を中心とした、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」の技術からなり、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。現時点での具体例としては、新幹線や列車、自動車等の移動手段、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、コンピューター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、携帯電話等は、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。

さらに、30年後の将来に向けては、クリーンな電気エネルギーが安定的に供給され、CO₂削減に配慮して電気エネルギーが有効に利用されることが期待される。この時点では、固定通信・移動通信・放送の垣根が取り払われ、誰もがどこにいつでも必要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ている状況にあり、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が期待される。

② 電気電子工学分野の夢ロードマップの考え方

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と保全」、「低炭素・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共に、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。

ア 電力応用分野の夢ロードマップ

(ア) 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」等の、いずれにも共通する基盤学術を広範囲に取り扱うと共に、先端的基础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、キーワードを挙げれば以下になるだろう。

「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、さら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、テラヘルツ波等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・効率化等が挙げられるが、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。

(イ) 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、電力用設備及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発電所については IGCC を始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始めとした監視・制御システムの高度化により安定した電力系統の構築、維持を目指す。

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合わせ、新素材新技術の適用による電力用設備・機器、パワーエレクトロニクス機器の高効率化、高信頼度化により、効率的な電力利用を目指す。

(ウ) 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・電気機器等の基礎技術から、交通運輸・産業・社会システム・家電民生等への応用技術まで、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。

(エ) 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压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 の置き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压、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 機器等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 を用いた直流連系等の電力変換装置の開発が進む。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。

イ システム・制御分野の夢ロードマップ

(ア) システム基盤技術

19 世紀の産業革命以降、システム・制御分野は、常に最先端科学技術の進展に貢献してきた。初期には、蒸気機関のガバナーの安定化といった機械工学分野への貢献を出発点とし、その後プロセス産業（化学工学分野）、電動機や電力システム（電気工学分野）、ロボットや自動車（メカトロニクス分野）、情報通信システム（通信工学分野）と、対象を常に時代の先端科学技術分野に移して発展してきた。もちろん対象とする分野が変わるごとに、その特性に応じた枠組み、概念、理論、技術を開発展開してきており、これがシステム・制御分野の発展のパラダイムである。また、これまでのシステム・制御分野の貢献は、安定化による産業牽引、自動化による大量生産、高性能化による高品質生産等と、インプルーブメント型の貢献が中心であったことがわかる。システム・制御分野は、多くのイノベーティブなインプルーブメントを社会にもたらしてきた。

一方、これからシステム・制御分野が対象とすることを求められると思われる先端科学技術分野を考えてみると、

- －ICT・ビックデータによる制御の広域リアルタイム化

- －大規模・複雑系社会システムの制御

- －超分散・生体システムへの制御の応用範囲拡大

等に代表されるように、社会的課題の解決が期待されている分野であることがうかがい知れる。これらの分野の共通的特徴は、

- －複数の要素やサブシステムが相互に作用しあう異種相互作用系

- －開かれた空間において、不完全な情報のもとで機能する開放空間系

- －多様で価値の状況依存性を認める多様価値系

等であるといえる。これらの先端科学技術分野では、インプルーブメント型の貢献ではなく、インベンション型の貢献がより期待されている。今後のシステム・制御分野には、従来のイノベーティブなインプルーブメントではなく、イノベーティブなインベンションを提供していくことが求められている。そのゴールは、「大規模で複雑な社会的課題の解決に向けた新しいシステム理論の創出と、系統的・体系的方法論の確立」にあるといえる。

(イ) 安心・安全システム

とどまることを知らない情報通信技術の進展により、地球上には中枢神経に相当する「光ファイバ網」と末梢神経に相当する「無線通信網」が縦横無尽に張り巡らされて、膨大な数の人・もの・情報資源・センサ・アクチュエータ（作動装置）等々がネットワークに接続され、それによって人類が直面する様々な課題の解決を支援し、人類の生活の質を飛躍的に向上させている。近い将来には、固定通信・移動通信・放送の垣根が取り払われ、誰もがどこにいても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高臨場感あふれる会話が楽しめる情報通信ネットワークの実現が期待される。

例えば、微小な IC チップ（無線タグ）が様々なものに装着されると、その IC チップの情報を電波で読み出すことにより動きの詳細な追跡が可能になり、結果として物流の効率化に大きく貢献する。また、食のトレーサビリティ（流通経路の追跡が可能なこと）を保証し、食の安全性にも大きく貢献する。さらに菓の袋に貼り付ければ、菓の飲み合わせに対する警告も可能になる。同様に、微小な（無線）通信機能付きセンサーが様々な構造物や空間に設置或いは埋め込まれれば、様々な情報収集を行い、維持管理や環境の監視、省エネ・省電力、安全性や快適性の確保に大きく貢献することになる。また衛星等を用いたりリモートセンシング技術と相まって地球環境の正確な監視が可能となり、持続可能な社会に向けての貢献が期待される。

電子カルテ等の普及により「どこでもマイ病院」構想が実現する他、病歴等の一元管理により国民の健康の促進や医療費の削減に大いに寄与すると思われる。また、遠隔医療の進展により、どこにいても専門家による最高水準の医療が受けられるようになり、ペットロボットや介護ロボット技術の進展は、介護や福祉の分野にも大きく貢献しよう。さらに、脳の情報を読み出す BMI (Brain Machine Interface) 技術が進歩すれば、キーボードやマウスを用いずに「思考」で機器を制御することが可能になり、体が不自由なチャレンジの行動の幅を広げるばかりでなく、一般の生活の場においても QOL (Quality of Life) の向上に役立つことが期待される。

情報通信ネットワークの充実により、いつでもどこでも誰とでも会合が可能となるが、その使い勝手も、便利に利用できるネットワークから、利用を意識しないネットワークへと進化するであろう。その結果、高度なネットワークサービスを利用するのに専門的な知識が不要になり、誰でも容易に所望のサービスを受けられることが期待される。このような環境下では、いくら距離的に離れていてもいつでも一家団欒の語らいが可能となろう。記録技術に関しても、あらゆるシーンを高い臨場感で記録できるようになり、放送や通信を通して、あたかもその場にいるような視聴体験が可能となろう。通信機器は、一層小型化、低消費電力化され、装置という箱ではなく、服のように自然に身に付けられるものに進化するものと思われる。さらに、バッテリーが不要な情報・通信機器も登場し、持ち運

びができ、どこでも簡単に立体画像を投影できる機器も実現されよう。このようなネットワーク化が家庭内で進むことにより、家電の遠隔制御やホームセキュリティの遠隔監視が普及し、留守時にも在宅時と同様に我が家を管理することが可能となろう。また会社等においては、電話、TV、WEB を融合した先進遠隔会議システムが普及し、クラウドや WEB 技術のさらなる発展も期待されるため、遠隔地勤務や自宅での勤務が可能となり、勤務形態や雇用の多様化が進むものと思われる。

技術の方向が、大量生産から、個人個人に合わせた技術を提供するテーラーメイド工学へと進化し、ロボットやパーソナル機器がよりフレキシブルになると思われる。例えば、医療介護分野では人間に劣らないタスクを行うロボットの実現が期待される。さらに最適化技術や制御技術の進展により、システムの目的に合致し、エネルギー利用の最適化が可能で、経済的で効率がよく高性能なシステムをより短時間で開発・提供できるようになる。また、IT やネットワーク技術の進展により、常時システムの状態を遠隔にて監視・保守し、システムの状態を常に健全で安心できる状態に維持すると共に、万一の異常発生の場合にはより短時間で対応することも可能となろう。

(ウ) センサー・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ー技術工学が発展し実用化される世紀である。今まで実現できなかったセンサーと機械工学を農林業に応用し、自然環境を適切に管理し、食料増産に繋がる植物工場等で、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、いかなる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（鉄道は自動車の 1/10 の排出量）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・技術の確立等含め新規センサ・アクチュエータ工学に進展が必須となる。そうした技術集積が 22 世紀の入り口と期待される。

集積回路技術・MEMS 技術・通信技術とバイオ・医療技術が融合し、非拘束に生体情報を取得することができ、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。

ウ 電子デバイス分野の夢ロードマップ

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 年頃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、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へも進展する。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 の超高集積化、量子スピ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当たり前となり、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を送達する撮像素子に進化し、心や空気を読む技術に発展する。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 シーケンサーが業務用から家庭用と小型低価格化が進む。タンパク質の高感度検出により、初期ガンの検出センサ、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。

エ 情報通信分野の夢ロードマップ

日本の総力を結集して取り組む課題として、①天然資源枯渇や環境汚染の危機的状況からの脱出、②働き手人口の減少に対する、高齢者含むあらゆる人の社会・生産活動への参画、③国内生産力の低下に対し、業務・生産プロセスのさらなる効率化と情報起点の新市場創出があると考ええる。情報通信技術は、人とのインターフェースを持つヒューマン型端末 (H) だけでなく、人とのインターフェースを持たな

いマシン型端末（M）を自由自在に結合し、地理的に離れた多地点の人、モノ、情報、機能を結合・共有できる場（コミュニケーション基盤）を提供する。これにより「いつでもどこでも、誰とでも何とでも」必要に応じてボードレスな“繋がり”を生成することができる。また、高性能・高品質だけでなく、使いやすさ等人中心の特性が重視される。さらに「無意識に使える」ことが理想的なシーンには、個々の感性や意図をシステム側で理解しサービスをカスタマイズするコンテキストウェアネスが重要になる。さらに、予想外の環境変化や異常が生じた際にもサービスが持続できるように、システムには復元する力（レジリエンス）が求められる。

具体的な技術の進展方向を以下に示す。

1. 持続可能社会への貢献：環境や身の回りのモノの状態を常時把握し、変化を見過ごすことなく検知するため、センシングと M2H 通信が中核になる。さらに、収集された実世界情報を分析し、危険の予知や避難誘導へ応用する。また、環境・エネルギー問題の解消に向けた新たなアプローチが模索され、例えば、人を発電源とする携帯端末等電力自給自足型の機器を普及させる。
2. 少子高齢化社会への貢献：メディアや情報を扱う ICT だけでは、人を物理的な側面から支えることはできない。災害・交通・情報・経済的弱者を含むあらゆる人の自立的な生活を支えるには、人の指や手足の代行や補強手段が求められ、器用に働く機械が重宝される。つまり、機械（アクチュエータ）を緻密に制御することが ICT の重要な役割の 1 つになり、技術的には高性能な H2M 或いは M2M 通信が求められる。
3. 知識社会への貢献：いつでもどこでも人の社会活動や生活を支えられるように、時間場所を問わず必要な情報やサービスを提供できる ICT 環境を構築していく。また、人の思考・記憶を補強できるように、抽象度の高い情報処理へ挑戦することになる。例えば、人のライフログや社会観察ログから、新たな意味・価値を見出すべく、生の情報を、専門家・熟練者の見方や考え方に倣いながら分析することになるだろう。

オ 照明分野の夢ロードマップ

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

カ 映像情報メディア分野の夢ロードマップ

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、臨場感の向上を目指し、高精細・高臨場映像として 2k/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、多視点立体等が展開されている。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目指し、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、透明ディスプレイ等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、1 PB 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目指し、地球上のあらゆる出来事を過去にも遡って見ることができ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 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・見守りシステム等が安全で安心な社会を支えるだろう。

キ 光・電波技術分野の夢ロードマップ

20 世紀に花開いた電波科学及びその応用である光・電波技術は、21 世紀に入ってから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、生体への影響及び医療への応用、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な操るメタマテリアル技術も無線通信を始めとして色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、長さや材料特性等の測定、離れた点でのタイミングの同期、さらには大容量・長距離の光通信等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共に、より高度なユーザーインターフェースやライフログの取得を目的としたウェアラブルデバイスと連携し、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、電波の照射によるガン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等も期待される。地球環境を観測するための技術も発展し、降水・雲・雷・大気の循環等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・磁気圏等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等宇宙開発における安全確保への貢献も期待される。

ク 医療情報電子分野の夢ロードマップ

(ア) 医工融合領域全般

電気電子情報工学、機械工学、放射線工学等の工学と、基礎医学、臨床医学、再生医療等の医学、この2つの学問が融合する医工融合領域においては、教育、研究、開発、社会・臨床実験、治験、臨床導入、グローバルビジネス等のすべてが、先端工学技術をシーズとしている。医療への応用という工学からのアプローチと、臨床医療における問題を改善し、解消するために必要な工学技術へ要請するという医学からのアプローチの2つの方向が存在するが、未だこの2つのアプローチが機能的に連動し、医学と工学が十分に融合するに至っていない。その背景には、大学、大学院における工学と医学の教育方針、教育課程、カリキュラム体系、さらに、その後の社会における役割、就職、職業、経済状況、社会的地位等における大きな相違がある。

具体的には、医療現場からのニーズに応える医薬品や医療機器の研究開発は積極的に取り組まれているが、工学的視点から見た場合、必ずしも先端工学技術が必要とせず、論文や特許として評価を得られない。一方、最先端工学技術を導入した医療機器が、医療から見た場合、不必要な高度の性能や機能を持ち、経済性や生体危険性等の理由で実用化されない。こうした工学と医学の間の不整合を解消し、医工融合領域における研究成果を社会において活用することが重要であるが、その成果を地域格差や貧富の差にかかわらず、世界中の人々が享受できるようにすることが、医工融合領域における目指すべきビジョンである。

医工融合領域における学会活動においては、医学に工学技術を取り入れるアプローチの学会と、工学を基盤とし医療へ展開するアプローチの学会がある。生命現象を明らかにすると共に、診断や治療に有効な手段を提供する専門分野をカバーする日本生体医工学会は前者にあたり、電子情報通信工学技術を中心に、基礎・境界分野、通信分野、エレクトロニクス分野、情報システム分野の先端成果を医療へ導入し、ユビキタス医療・サービスを研究開発する電子情報通信学会等は後者にあたる。また、新しい取り組みとして、国民各層からの健康生活に関する意見と議論を通して共通認識を構築し、医療のあり方を考え、さらには医療保健政策を提言していくことを目標とする日本医療情報学会がある。この学会は、主に医学、医師を視点の基づく医療情報学の研究や専門家育成をカバーし、医学から工学へのアプローチという面も有している。

今後、医学と工学、ニーズとシーズ、技術イノベーションと臨床導入の間のギャップを埋め、少子高齢化が進む世界における医療問題の解決を推進することが将来のビジョンである。

(イ) 先端電気電子工学技術に基づく医療

電気電子工学から医学、医療へのアプローチにおいて、外科手術ロボットや介護ロボット等は機械工学や制御工学をもとにしている。神の手と呼ばれる熟練外

科医の手術技能等をロボットが学習するためには、信号処理、適応制御するアルゴリズム、制御回路・デバイス等の進展が必要であり、その進展は電気電子工学の進展ともいえる。

さらに、インターネットや携帯電話等の移動通信ネットワーク等のインフラストラクチャーネットワークから無線 LAN、センサーネットワーク等のアドホックネットワークを活用した医療ネットワークや、医療用ボディアエリアネットワーク（BAN）等のような先端情報通信技術(ICT)を用いた医療（医療 ICT）は、学術上ばかりでなく産業上において、我が国が世界を牽引する新領域として期待されている。また、心電図、脳波等の生体情報処理、X 線や MRI の医療画像処理、遺伝子・ゲノム解析、医療ビッグデータのデータマイニング等の医療生体情報の情報処理や、薬事承認に必要な治験データや承認後の副作用等の追跡評価等のレジストリーやデータベースマネジメント等の医療情報学は、医療現場に直接貢献し、医療における疫学的評価や薬事承認の基準等を定める上で必要不可欠である。

先端電気電子工学技術に基づく医療には、単なる先端技術の医療応用を超えた対応が期待されている。医療に求められる制約条件・工学とは異なる評価基準を工学における評価基準と共に満たす医療システム・ネットワークの最適設計や、究極の個人情報である生体情報に対する情報セキュリティ、人体に対する侵襲性のないデバイスやパッケージ設計等、独自の学際領域を創生することに加えて、医工融合のさらなる独自領域を展開することが将来ビジョンとして期待される。

(ウ) 先端 ICT に基づく医療（医療 ICT）

少子高齢化が進む中、医療技術の高度化への期待は高まるばかりであるが、中でも医療における情報通信技術（ICT）は、医療の高度化、高信頼化、効率化に重要な役割を担い、地域格差、医療過誤、医療従事者の過負荷、医療費高騰等の社会問題を解決するものと期待されている。一方、モバイルネットワーク、インターネット等、世界規模で学術、産業において膨大な成果を挙げてきた ICT は、新たな発展の方向を求めることとなった。工学分野の多くの研究者、技術者にとって、医療 ICT は新たな研究開発のパラダイムであると共に、グローバルビジネスと社会サービスの機会を提供する医工融合の新たな学際領域と捉えることもできる。例えば、医療現場での情報収集の効率化には電子カルテや X 線画像等のネットワーク共有・管理技術が必須であり、また、遠隔にある病院からインターネット回線等を用いて診断・治療を行う遠隔治療技術や事故現場での救急医療等では、医療用途に特化した信頼性の高い情報通信システム技術の構築が欠かせないが、これら技術は未だ確立されているとはいえず、早急な基盤研究の展開が望まれる。

世界的には、IEEE 学会の EMB ソサイエティにおける医療 ICT 分野の研究開発に関する論文、学会発表は急増し、米国における産業界においてはインテル、シスコ、ファイザー等の ICT と医薬品・医療機器の代表企業が主催するデジタルヘルスケア CONTINUA アライアンス等の異業種交流による産業化が活発である。欧州に

においても、ICT 分野の研究開発、標準化組織である ETSI における eHealth プロジェクトに代表される医療 ICT 分野の学術、産業における活動はますます活発になっている。一方、我が国における医工融合領域の研究開発は、日本生体医工学会、日本医療情報学会等において長い歴史を持ち、多くの成果をもたらしている。さらに、電子情報通信学会では、高度情報通信技術の医療・福祉への利活用から、医と工の境界、融合領域における新たな学際領域の創生や、情報通信技術研究者の視点からこのような境界、融合領域における基盤技術の研究開発を促進している。

電子情報通信学会では、2006 年 5 月に医療 ICT 研究会が開設され、国内外で ICT を中軸とする医工融合分野の研究開発が加速されることとなった。(独)情報通信研究機構(NICT)が主催する医療 ICT 産学官連携コンソーシアムによる無線ボディエリアネットワーク(BAN)の国際標準化の主導と成功は、医療 ICT 分野のグローバルビジネスの創生に貢献した。また、それだけでなく標準化や、BAN の物理層技術のコアである超広帯域(UWB)無線に関する電波法の技術基準等の法制化にも、多大な貢献を果たしてきた。特に、医療 ICT という新たな学際領域を創生したことは特筆すべきである。従来からの家電等の応用を前提にした ICT の信頼性では満たされない人命に関わる医療分野に求められるデペンダブル ICT のための物理層や MAC 層から上位層の ICT 要素技術や統合理論の構築、またその分野の専門家(科学者、エンジニア、医師等)の人材育成に対して、医療 ICT が中心的な役割を果たした。このことは、国際標準化や国際会議を通じて、国内外の学界、産業界、政府・行政機関に、広く認知されるに至った。さらに、これまでは、医療用周波数や防護指針等の電波法技術基準を、必ずしもカバーしきれていなかったが、医療 ICT 機器の薬事法承認に必須な学術的核心である「レギュラトリーサイエンス(Regulatory Science)」の科学研究を推進することも期待される。

(エ) 医療情報学

医療情報学 (Medical Informatics、Healthcare Informatics、Health Informatics) は、医療情報の表現、収集、分類、集積、検索・抽出、応用等に関わる「情報(データ)の科学」を意味している。すなわち、医学、医療社会、医療制度、医療専門職による医療の実践、医療機関による医療提供、患者協働参画の医療、患者の自己決定等に関わる情報の科学である。医療情報学の主な課題をまとめると、次のようになる[15]。

a 診断・治療における意思決定

医療情報学の中心的研究テーマとして、診療における意思決定(意思決定支援)がある。もとより、「医師の診断プロセス自体が情報の処理プロセスにあたる」ところに医療情報学の意義を見出す考え方がある。1960 年代～70 年代は多変量解析等の統計解析手法や数理的手法を中心として医療情報学が活発に発展

し、領域によっては一定の成果を上げている。1980年代はエキスパートシステムに代表される人工知能応用の手法が注目され、その後も知識表現、知識処理は医療情報学における意思決定論の中心的枠組みとなっている。近年は、医学における専門知識、診療に現れる概念等の意味表現のためのオントロジー等の取り組みが進められ、成果を上げている[15]。

b 蓄積された診療情報による医学研究・疫学研究

近年、蓄積された診療データの医学研究・疫学研究への活用に期待が高まっている。電子カルテシステムの導入、推進においては直接的な診療支援を第一義的な目的としているが、同時に、電子的に診療情報を保存していくことにより、過去にない規模での診療データ利用が可能となり、医学研究の推進に大きく寄与すると期待されている。従来、診療録を利用した医学研究の基本デザインは症例対照研究である。EBM(Evidence based Medicine)において研究デザインとエビデンスレベルが丁寧に論じられている通り、症例対照研究から信頼性の高いエビデンスを創出することは困難である。それにもかかわらず、症例対照研究から得られた結果の信頼性を評価することなく、ガイドライン等の根拠として採用されているという問題が近年指摘されている。

c 医療の質の測定 - クオリティ・インディケーター

医療の質の向上は、医学医療に関わるすべての学術団体の共通目標であり、医療の質の評価に関する研究と実践が、多くの学術団体、医療専門職の団体で推進され、進展してきている。医療の質の評価のための、クオリティ・インディケーターは現在既に多くの医療施設で公開しており、また国や地方自治体における医療計画等の策定においてもインディケーターが活用されている。

d 医学・医療における標準化

病院への情報システムの導入は、既に1960年代に始まっており、1970年代には国内においても本格的な取り組みが始まった。病院情報システムの普及と並行として、医療データの交換規格、病名、医薬品、検査等の標準の開発・普及が進められてきている。標準は、ただ定めるだけでなく、実際に採用され実装されてこそ価値がある。日本医療情報学会は、標準開発団体、工業会、行政とも連携して標準化に力を注いできている。国内では、2010年3月、我が国における医療情報の標準化を推進するため、医療情報の厚生労働省標準規格が通知として発出されている。強制力はないものの医療情報分野における標準化に拍車がかかっている。

e 人材育成・資格認定 - 医療情報技術者

未来を語る上で欠くことのできないのは人材である。日本医療情報会、医

療情報化には「医療の本質を理解し」、「使命感をもった」医療情報技術者の存在が医療側、企業側の両方に必須であるとの考えから、2002 年、医療情報技師育成事業を発足し、2003 年より医療情報技師能力検定試験を開始した。2013 年 11 月現在、13,934 名が医療情報技師として、また 250 名が上級医療情報技師として認定されている。医療情報技師は、医療専門職もエンジニアも取得するユニークな資格である[15]。

f 研究者養成

将来の医療情報学の展開には、大学院(修士課程、博士課程)レベルを中心とする学術研究を担う人材の養成を促進する必要がある。国際的に、ヒトゲノムに関するプロジェクトに関するデータ分析が広まるにつれ、医療情報学のスコープ自体を、より広く捉える流れが出てきている。この領域はバイオメディカル情報学(Bio Medical informatics)、或いはバイオメディカル医療情報学(Biomedical and Health Informatics) 呼ばれることが多い。従来の診療情報に加えて、バイオメディカル領域のデータ・情報を含むもので、基礎研究、臨床研究、臨床の実践、そして医療提供へと繋ぐ流れで捉えられている。バイオメディカル情報学の研究は、主として学術研究機関で実施される領域であると考えられる。

g 医療情報倫理

情報化社会において、個人情報保護、プライバシー保護は、すべての分野に共通であると共に、特に機微な情報を扱う医療においては、特別な扱いを必要とする。このため我が国における個人情報保護法の成立と共に医療分野においてはガイドラインが整備されており、2013 年末現在、個別法の議論が進んでいるところである。

今後の医療情報化ビジョンとして、電子カルテに相当する英語の呼称は複数存在するが、およそ従来の院内電子カルテ (Electronic Medical Record : EMR) に対し、EHR(Electronic Health Record)は、その出現当初は、lifelong、longitudinal をキーワードとする医療記録とされ、生涯医療電子記録と訳されることも多かった。現在も、そのキーワードが消失したわけではないが、考え方が整理され、焦点は、いかにして必要なときに時宜を得て、必要な診療情報を必要とし利用が認められる相手に渡すことができるかに絞られ、学術研究、実際の両面から徹底した議論がなされている。EHR システムが直接的にケアを支えることが目的であるのは当然として、「医療の質の向上」「ポピュレーション・ヘルス」に資することとを目的として掲げられている。現在、臨床医学レジストリーの構築のため、医療現場において人手を介してデータ入力されていることが一般的である。病院情報システム或いは電子カルテシステムに存在していると考えられるデータ項目も少なくないが、抽出にはそのための機能追加

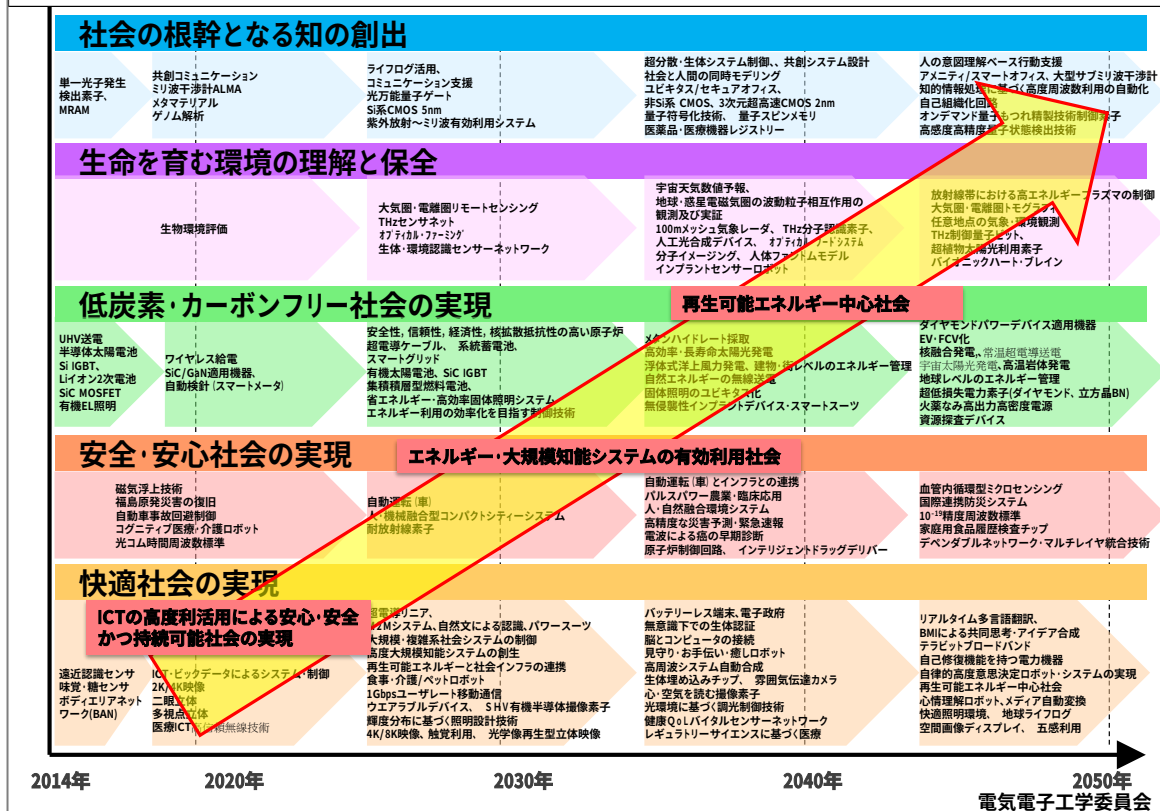
を必要とする。しかし、研究目的ごとに、抽出機能を開発することも、あらゆる情報が汎用的に得られるようにすることも非現実的である。電子カルテに含めるべき情報は、合理的に判断される必要がある。

(オ) レギュラトリーサイエンスに基づく医工融合

先端科学技術に基づく医療機器の生体に与える有効性、利益 (Benefit) と、生体や環境に与える有害性、危険性 (Risk) を、科学的に解析し定量的に評価することにより、科学技術イノベーションと社会サービス・グローバルビジネスの調和に必要な安全基準、規制を科学的に構築し、そのもとに、先端科学技術を遅延なく社会に導入するレギュラトリーサイエンス (Regulatory Science)こそ、先端科学技術に基づく医療機器の安全かつ経済的な臨床導入、グローバルビジネスの鍵である。具体的には、電磁波、放射線を用いる医療機器の電磁界障害、放射能汚染等を計測、分析、モデル化、安全基準、評価基準、評価装置構成、評価・認証手順等を策定し、産業界、学会、市民に継続的に設備と社会サービスを提供することが必要である。

先端科学技術によるイノベーションの創生と、リスク管理による安心安全な社会インフラやグローバルビジネスの展開の両立には、死の谷があることが認識され、少なくともイノベーションによるベネフィットと、生態障害や環境破壊等のリスクを科学的解析に基づき規制し、万人が納得するリスクとベネフィットのバランスに基づき運営するレギュラトリーサイエンス (Regulatory Science) を実践し、自然科学と社会科学の学術融合領域の研究教育を実践することが重要である。具体的には、超広帯域 (Ultra Wide Band : UWB) 無線、カーボンナノチューブ、磁性粒子等の先端科学技術を用いた医療機器等の人体や周辺医療機器への影響、環境障害等のリスクを科学的に定量化することが必要である。これと同時に、それらの利便性や産業化、ビジネスによるベネフィットに見合うレギュレーションを科学的に構築することも社会実装においては必要である。そのリスクとベネフィットのバランスを追及するためには、理工学と経済・経営・法学の文理融合によるレギュラトリーサイエンスの学術研究領域を開拓し、将来の安心安全な社会システム・インフラの持続的発展させることが重要であり、これが本分野における将来ビジョンである。

9 電気電子工学分野の夢ロードマップ



9-1-1 電力応用分野の夢ロードマップ ～電磁気基盤～

	2014-2020年	2020-2030年	2030-2040年
プラズマ応用技術	・プラズマ・イオンプロセスの高度化・多様な表面処理 ・RF〜マイクロ波帯高密度ガス・金属プラズマ源の開発 ・大気圧プラズマの環境課題への取り組み	・プラズマの環境問題解決への活用、各種プロセスへの適用 ・プラズマ飛翔体および宇宙におけるエネルギーの供給	・高速プラズマ・イオンプロセスへの適用 ・プラズマエネルギーのライフサイエンスへの提供 ・宇宙産業への寄与
パルスパワー技術	・パルスエネルギー圧縮による巨大瞬時電力(1GW以上)の発生 ・農業、食品加工への応用 ・パルスパワーの医療応用の細胞レベルおよび動物実験による検証	・半導体スイッチによるTable TopのGW級電力発生 ・パルスパワーの農業応用 ・パルスパワーの臨床応用開始	・Table TopサイズでTW級電力の発生 ・グリーン電力による農業用パルスパワー電源の活用 ・パルスパワー技術の医療への本格活用
電磁環境技術	・スマートグリッド・スマートコミュニティの進展による環境電磁工学に関する課題の顕在化	・生体に関する電磁波問題の解決による情報機器のユビキタス化の進展 ・電力エネルギーの情報バケツの管理	・生体・生態・環境への電磁環境問題の解決 ・電気・電子・情報通信の融合
光技術	・省エネ・LED照明の普及 ・フラットディスプレイの普及と3D映像技術の開発の進展	・有機ELなどの高効率長寿命固体発光照明の開発 ・各種センサと組み合わせた照明システム ・3D映像の普及・自然色再現 ・高効率UV光源による殺菌・滅菌の実用化	・完全固体照明化 ・色を制御する照明、自然光の再現 ・水銀を使用しないUV光源
誘電・絶縁材料技術	・電力機器へのナノ材料の適用 ・高経年機器に対する劣化診断技術の推進 ・薄膜技術の電子機器への実用化 ・環境に適合した生分解性材料の電気機器への適用検討	・全固体変電所の普及・運用 ・ナノ技術適用材料によるEV駆動系の高電圧化・大容量化 ・高経年機器の高精度絶縁診断による、更新・余寿命推定の確立 ・高耐環境性(放射線・高温・極低温)誘電材料の開発 ・生分解性材料の電気機器への適用・実用化	・生体のような、自己診断機能・自己修復機能を持つ電力機器の開発 ・高耐環境性材料による、宇宙環境など極限的過酷環境での人間活動の具現化
マグネティクス技術	・希土類永久磁石の利用の増加 ・磁性材料の利用によるLSIチップレベルのノイズ抑制技術の実用化 ・テラバイトオーダーの記憶容量のメモリの普及・一般化	・希土類を用いない、ユビキタス(ありふれた)元素のみによる高性能磁石の実現 ・高機能磁気ロジック素子の実現 ・磁気・光記憶技術の成熟と超高速ネットワークへの展開	・宇宙環境耐性を持つ磁気ロジック素子・メモリからなるコンピュータ ・瞬時の過去データ書き換えも含めた情報ストレージタイムマシン技術

制御・パワー分科会、電気学会

9-1-2 電力応用分野の夢ロードマップ ～電力・エネルギー分野 (1)～

	2014-2020年	2020-2030年	2030-2040年
火力	・石炭を燃料とした発電技術 現在は良質の石炭を微粉状にして燃焼、蒸気タービンを回し、電気を発電しているが、ガスや石油火力に比べ発電効率が悪く、発電電力あたりのSOx, NOx, ばいじんの排出量が多い ・海外から天然ガスを冷却・液化してタンカーで輸送 天然ガスは、原産国で脱硫、脱炭酸、脱湿等の前処理をしたのち-162℃に冷却・液化し容積を約600分の1にまで減らしてタンカーで運搬	・石炭ガス化複合発電 (IGCC) の本格的な商用化 石炭をガス化し、ガスタービンと蒸気タービンを回し、電気を発電する。現状では使用し難い低品質の石炭を原料にすることが可能である。また発電効率の向上が可能であり、これに伴い発電電力あたりのSOx, NOx, ばいじんの排出量が低減でき、CO2の排出原単位は石油火力並となる	・メタンハイドレート採集技術 メタンハイドレートは、メタンガスが水分子のつくる結晶格子の中に閉じ込められたシャーベット状の水和物で、北極圏や南極圏の凍土地帯や大陸沿岸の海底に広く分布。日本周辺の海底でも存在が確認されているが、現状では採取技術が確立されていない。30年後に採取技術が確立され、国産エネルギーとして活用
原子力	・原子力発電技術 毎年、点検や燃料の部分取替えが必要 ・核融合エネルギー技術 無尽蔵でクリーンなエネルギーを生み出す核融合炉実現に向けITER計画による基本性能の確認 ・超小型核融合装置システム プラズマ閉じ込め用超電導マグネットの強磁場発生による小型核融合装置技術	・安全性、信頼性、経済性、核拡散抵抗性の高い原子炉	・核融合発電システムの実現 人類の究極である核融合発電システムによる安全なエネルギー供給システムと安全・平和な世界情勢の構築 ・恒久的なエネルギー源が安定化することにより世界の平和と安全が確保される
再生可能エネルギー	・太陽光発電 ・地熱発電技術 (小規模発電) 熱水や蒸気によって熱が運ばれる対流型地熱資源を利用	・次世代型の電力ネットワークの取り組み 従来型の電源と再生可能エネルギーが高信頼度で共存する電力ネットワークの導入が始まる ・次世代太陽光発電の実用化	・宇宙・大平原・洋上太陽光発電 環境にやさしく安価な電力を大量に発電 ・大容量地熱発電 熱伝導によって熱が運ばれる「高温岩体型地熱資源」を利用

制御・パワー分科会、電気学会

9-1-3 電力応用分野の夢ロードマップ ～電力・エネルギー分野 (2)～

	2014-2020年	2020-2030年	2030-2040年
送配電技術	・電力供給システム 国内の発電所から送配電網を利用して電力供給 ・低損失送配電 ・ケーブルによる送電、高電圧交流送電 ・金属導体電線による送配電 ・高電圧交流送電 ・マイクロ波送電技術 微小規模の実験レベル ・電力の供給技術 50Hzまたは60Hzの交流で供給、信頼度も均一 ・家庭への電力供給 家庭に必要な電力を必要な分だけ供給 ・高度エネルギー制御技術 時間的・空間的制約を排除可能とするエネルギー制御技術 ・電気の発生・送電技術 現在は遠くの発電所 (火力・原子力・水力等) でつくった電気を、長距離の送電線によって家庭まで送っているため送電線の電気抵抗により損失が生じている。オフィスや工場や家庭の電気機器についても、損失が生じている	・直流送電や直流連系が多数出現 低ロス、超小型電力変換器が開発され直流送電や直流連系が多数活用されて、系統の潮流制御が簡単になっている ・超電導ケーブルを用いた電力供給 国外の安価で環境にやさしい電力 (砂漠や洋上での太陽光発電等) を地球規模の超電導ケーブルネットワークシステムを用いて供給 ・電気の供給信頼度等が選択可能に 使用者側のニーズに合わせて高信頼度電力などのメニューを選択することが可能に	・常温超電導を利用した無損失送配電 エネルギー資源を保有する諸外国から時間差を利用した安価な電力の購入 ・常温超電導電線によるコンパクト自在の送配電技術が可能 ・レーザーや光・電磁波を用いた送電 光ファイバーなどのガイド技術、光・電気変換技術の進展 ・エネルギーの発生・輸送・転換・貯蔵の各技術が高度に結合し時間的・空間的なエネルギー需給のアンバランス等が解消される 化石燃料等に頼らない人類の活動が可能になり、エネルギー・環境問題が解決する ・常温でも電気抵抗ゼロの超電導体を使用した機器が実用化 電気の送電時および使用時における損失がなくなるため、環境への影響が縮小
保守・運用技術	・ケーブル接続技術 訓練を受けた接続員によるケーブル ・無人電力設備の巡視点検 定期的に保守員が巡回して巡視点検を実施 ・電力系統の運転・制御 給電所等で運転員が24時間体制で運転・制御	・ロボットが巡視点検を実施 各所に配置されたロボットが自動的に巡視点検を行う ・運転・制御の自動化 運転制御はほぼ自動化され、トラブル発生時のみ運転員が操作する	・劣化や欠陥を自己回復する絶縁材料により、コンパクトで長寿命の絶縁システムが可能 ・接続部の簡略化が進み、ロボットによるケーブル接続が可能

制御・パワー分科会、電気学会

9-1-4 電力応用分野の夢ロードマップ ～ 電力・エネルギー分野 (3) ～

	2014-2020年	2020-2030年	2030-2040年
エネルギーマネジメント技術	・環境情報処理の高度化による環境・エネルギー情報の「見える化」 ・スマートグリッドの導入 ・センサネットワーク、分散処理	・エネルギーマネジメント技術の成熟 ・次世代エネルギーインフラ基盤の整備と、その上の応用発展 ・スマートグリッドの本格化 ・レアメタル等の地球資源回収・リサイクル技術の日常化	・人間をもネットワーク構成要素として境目なく組み込んだエネルギーマネジメントネットワーク技術 ・環境変化に応じて自己適応化する情報システムの実現
電力利用の高度化	・ロボット技術 専用機器・人力による介護支援、災害救助 ・オール電化 エネルギー使用の形態が100%電化される ・高効率超電導送電システム 超電導発電機、超電導モーター、超電導磁気浮上の高効率化な小型軽量技術 ・磁気浮上技術 磁気浮上式による交通システム	・パワースーツ着用による介護支援、災害救助 高齢者・病人の介護や災害救助が容易になる ・エネルギーの使用段階においてのすべての端末機器が電力により動作するようになる ・高度の省エネルギー化や高い安全性を持つエネルギー利用が可能に ・飛行機、船、列車、自動車に超電導発電機や超電導モータを搭載して駆動する ・高速、高効率、環境に優しい大量輸送が可能となる	・3次元の交通網の完成 渋滞や事故が無く円滑な行動ができる

制御・パワー分科会、電気学会

9-1-5 電力応用分野の夢ロードマップ ～ 産業応用分野 ～

	2014-2020年	2020-2030年	2030-2040年
エネルギー利用の効率化	・太陽光発電の普及促進 ・夜間電力の有効利用 ・家庭へのエネルギーマネジメントシステム (HEMS) の導入開始 ・高効率モーターの開発進展	・家庭でのエネルギー自給率50%化 ・昼間・夜間電力の平滑化の進展 ・高効率モーターへの切り替え促進 ・乾電池の再生率50%化	・家庭でのエネルギー自給率100%化 ・移動体での電力利用や発電量平準化が大幅進展 ・電力変換や電気機械エネルギー変換効率99%化 ・乾電池の再生率100%化
生産・業務・民生活動の高機能化	・ロボットの限定的利用 ・エネルギー消費削減技術の進展 ・LED照明の普及 ・CO2低減技術の進展	・一家に一台サービスロボット ・次世代産業用ロボットの一般化 ・ウェアラブルコンピュータが一般化 ・エネルギー利用技術の高度化 ・超高効率照明 ・生産分野のCO2排出半減	・ロボットとの共生社会の出現 ・子供やお年寄りも普通に使えるウェアラブルコンピュータ ・生産設備のCO2排出現状比30%
医療福祉分野の発展	・電子カルテ等情報技術の応用 ・遠隔医療技術の萌芽 ・パワースーツ等の限定的な工学応用	・自分の町で遠くの専門医に診てもらう遠隔診療ネットワークの実現 ・遠隔地手術の限定的実施 ・福祉施設等での高機能車電動いすや、パワースーツ等の一般化	・医者のいない離島でも緊急の遠隔手術が可能に ・高機能、高性能な福祉機器が家庭に普及し、高齢者や病気の人のQOL大幅増進
交通運輸関連技術の高度化	・ハイブリッド車／EVの実用化 ・ナビゲーション技術の進展 ・緊急時自動ブレーキの実用化 ・列車運転エネルギー低減進展 ・無線列車保安等の高度化	・ハイブリッド車／EV一般化 ・測位技術の高度化 ・衝突防止技術一般化 ・超電導リニア実用化 ・蓄電媒体利用により鉄道回生失効皆無に ・無線列車保安が一般化	・EV化が進展 ・クルマの完全自動運転可能に ・超電導リニアによる高速移動 ・鉄道のエネルギー消費が現在の半分以下に ・少輸送量、超低コスト鉄道により地方公共交通が進展

制御・パワー分科会、電気学会

9-1-6 電力応用分野の夢ロードマップ ～パワーデバイス (1)～

	2014-2020年	2020-2030年	2030-2040年
パワーデバイス (素子)	・パワーIC Siチップ上に高耐圧酸化物系デバイス搭載が始まる ・IGBT 電流密度向上 動作速度向上 (～200kHz動作) ・SJ-MOSFET 低オン抵抗化 (20mΩcm²/600V) ・WBGパワーデバイス普及拡大 パワーデバイス市場の10%に達する ・SiC-MOSFET 低オン抵抗化 (1mΩcm²/1200V) ・GaN-FET/HEMT 200V～600Vの高速動作応用 (超小型電源等) から普及開始 ・パワーデバイス保護技術の進歩 短絡保護高速化 (現行比2倍) 低熱抵抗化 (現行比30%減)	・パワーIC Siチップ上酸化物系パワー素子で1200Vまで対応 ・Siデバイスが性能限界へ IGBT (5mΩcm²/1200V) SJ-MOSFET (15mΩcm²/600V) ・WBGパワーデバイス普及拡大 パワーデバイス市場の25%に達し、民生、産業、自動車、電鉄全てに適用される ・SiC MOSFET: 性能限界に漸近 (0.5mΩcm²/1200V) SJ-MOSFET: 量産化開始 (5mΩcm²/3300V) - IGBT: 量産化開始 (5mΩcm²/6500V) ・GaN-FET/HEMT 200V～600VのSJ-MOSFETの置き換えが進む (30%) ・ダイヤモンドパワーデバイスの登場 ・放熱技術の高度化 グラフェン等新素材の導入 →パワー密度 100W/cc達成	・WBGパワーデバイスの一一般化 パワーデバイス市場の50%に到達 ・WBGで住み分けが進む GaN-FET (200V～600V) SiC-MOSFET (900V～3300V) SiC-IGBT (3300V～5000V) (50mΩcm²/50000V) ・ダイヤモンドパワーデバイス 超高耐圧 & 超高速等特殊用途で使用拡大 ・パワーデバイス放熱 & 寄生LCR削減の究極化 新素材、超電導素材の導入 3次元低LCR & 低熱抵抗構造 →パワー密度 200W/cc達成
パワーデバイス 電力応用	・シリコンIGBTを用いた数100MVA級電力変換装置 (STATCOM, 直流連系等) の設置 ・シリコンIGBTを用いた数10MVA級電力変換装置 (メガソーラ、風力発電等の再生可能エネルギー電源、需給調整用蓄電池用等) の普及拡大 ・SiCを用いた半導体スイッチ応用 (タップ切替器等)	・SiC (主デバイス+ダイオード) を用いた数10MVA級電力変換装置 (メガソーラ、風力発電等の再生可能エネルギー電源、需給調整用蓄電池用等) ・SiCを用いた数100KVA級電力変換装置 (配電系統FACTS機器等) ・SiCを用いた高圧受電設備または配電系統の開閉機器 (半導体遮断器等) ・SiCを用いた変換器式限流器 (事故電流抑制) ・新材料 (ダイヤモンド等) ダイオードを用いた電力変換装置の研究開発	・電力ネットワークにおける発電、蓄電、送配電の諸機器への低損失パワーデバイスの幅広い適用 ・SiCを用いた数100MVA級電力変換装置 (直流連系、STATCOM等) ・新材料 (ダイヤモンド等) を用いた数10MVA級電力変換装置

制御・パワー分科会、電気学会

9-1-7 電力応用分野の夢ロードマップ ～パワーデバイス (2)～

	2014-2020年	2020-2030年	2030-2040年
パワーデバイス 産業応用	・SiC適用機器の製品化 白物家電、鉄道車両用インバータ、FA機器、自動車用インバータ等 ・GaN適用機器の製品化 サーバ電源、太陽光パワコン等 ・ワイドバンドギャップ半導体パワーデバイスによる出力パワー密度の向上 (25kW/ℓ級の試作・製品化開始^{*1}) *1: 三相電源、高調波対策有、空冷のモータ駆動用機器	・SiC適用機器の普及拡大 高出力、高電圧用途へ拡大 ・GaN適用機器の普及拡大 高周波用途へ拡大 ・ダイヤモンドパワーデバイス適用機器の試作開発 ・パワーデバイスの性能向上と共に出力パワー密度が増加 (50kW/ℓ級の試作・製品化開始^{*1}) *1: 三相電源、高調波対策有、空冷のモータ駆動用機器	・ダイヤモンドパワーデバイス適用機器の製品化 ・さらに出力パワー密度向上が進展

制御・パワー分科会、電気学会

9-2-1 システム・制御分野の夢ロードマップ ～システム基盤技術～

	2014-2020年	2020-2030年	2030-2040年
システム・制御理論／技術	・ICT・ビッグデータによるシステム・制御の高度化 ・社会基盤と生産の高効率化と高信頼化 ・制御技術のための制御理論の発展	・大規模・複雑系社会システムの制御 ・既存異分野でのシステム制御理論の統合と、 新分野・対象に対するシステム制御理論の展 開	・超分散・生体システムへの制御の応用範囲 拡大 ・人間と情報・機械の新しい関係 ・包括理論体系(数理から現場まで)
モデリング	・生産効率化のためのモデリング	・モデリングによる技術と理論の統合	・社会と人間の同時モデリング
知能工学	・大規模なデータからの学習やシステムの最適化 に基づく先端の知能化技術の確立	・各知能化技術の統合による高度大規模知能シ ステムの創生	・自律的に高度な意思決定を行うロボットや システムの実現
社会システム	・社会シミュレーションのコンポーネント化技術の 確立	・社会や組織のコミュニケーションツールとしての 社会シミュレーションのフレームワークの構築	・オープン政府のためのエビデンスベースの 政策科学の実現
共創システム	・共創システムの基盤技術の確立(共創のコミュ ニケーションやコーディネーションにおける自己 非分離の「場」に関する基盤研究)	・共創システムの支援技術の確立(場における二 領域的ネットワークのシステム論や人間を内 側から捉えるインタフェースのデザイン)	・共創システムの設計原理の確立(「今、共に ここ」という共存感の創出を伴う社会的コ ミュニケーション支援とその場づくり技術)
安全回復システム	・福島原子力災害の復旧システムと環境保全シ ステムの構築 ・持続可能な少子高齢化社会システム案の構築 とトライアル	・継続可能な少子高齢化社会システムの構築 ・地域分散エネルギー自立システム(地産地消エ ネルギーシステム) ・人・機械融合型コンパクトシティシステム	・人・機械融合型コンパクトシティ実運用と 普及 ・同システムのグローバルモデルと地域モデ ルの融合の構築普及 ・人・自然融合の環境システム
スマートモビリティ	・乗員・ドライバ特性の理解と事故回避支援 ・エネルギーの効率的な利用	・高齢者運転能力低下に対する支援 ・スマートグリッドとの連携強化	・自動運転の実現や自動車に限らない他の 交通機関との連携
スマートグリッド	・再生可能エネルギー導入による系統の安定化 ・太陽光・風力の発電量予測と系統運用 ・デマンドレスポンスによる電力需要の制御	・高度な分散電源制御の実現 ・再生可能エネルギーと社会インフラの連携によ る電力の効率運用	・再生可能エネルギーを中心とした社会の実 現

制御・パワー分科会、計測自動制御学会

9-2-2 システム・制御分野の夢ロードマップ ～安心・安全システム～

	2014-2020年	2020-2030年	2030-2040年
情報通信技 術と社会生活	・ブロードバンドやモバイルが普及しクラウド 化が進展 ・プライベートクラウドにより情報通信サービ スがより効率的で便利に「所有」の時代から 「利用」の時代へ	・固定とモバイル網が真に融合した人と環 境にやさしいブロードバンド社会が実現。 ・マス向けクラウドコンピューティングにより 安価で安全に情報通信サービスを利用可 能になる 電子政府が機能し始める	・あらゆる情報通信サービスがネット ワーク越しに快適に(遅延フリー・故障フ リー・帯域フリー) 利用可能になる ・持続可能な心豊かなコミュニケーション 社会
福祉／ 医療	ロボット	・ペットロボット(自律移動、癒し)	・日常生活支援ロボット ・ヘルスケア、コミュニケーション支援ロボット
	医療用 ロボット	・手術ロボット ・内視鏡手術支援	・触診ロボットや運動理解ロボットを利用し た 遠隔診断、高度外科手術支援システム ・在宅医療の実現
	福祉(生 活支援)	・見守り支援 ・バリアフリー化(人手が必要) ・遠隔医療診断	・遠隔診療や遠隔手術が普及 ・ライフログが一般化
端 末 ／ イン ター フェ イス	端末	・携帯電話、パソコンがコモディティ化 ・スマートフォン(電話・計算機融合型)とタッ チパネル型入力デバイスの出現、デジカメ の普及	・超小型携帯端末、ウェアラブル情報通 信機器、無給電(バッテリーレス) 端末が 実用化
	言語翻 訳	・語句の音声認識、言語翻訳技術	・多人数自由会話認識、文化・方言に対応 した柔軟な翻訳技術
	コミュニ ケーショ ン支援	・自動点訳、顔認識、キーワード入力による 高速検索 ・個人の販売・閲覧履歴に基づく情報推薦	・手話認識、人物認識、表情認識 ・いつでもどこでも、状況に応じ、自然文によ る質問 ・応答型検索と推薦、コミュニケーション支 援ロボット
	脳	・BMI (brain machine interface)による簡単な 意思の弁別	・BMIによる表象、試行状態の認識、 生物や脳の機能の一部を解明し、実際の ネットワークに活用し始める

制御・パワー分科会、電気学会、電子情報通信学会

9-2-3 システム・制御分野の夢ロードマップ ～センサ・マイクロマシン技術～

	2014-2020年	2020-2030年	2030-2040年
電力・省エネルギー分野 (フィジカルセンサ・アクチュエータの応用分野)	・電力供給の電子化・インテリジェント化と省エネルギー ・各種端末のスイッチ・開閉技術のセンサ・アクチュエータによる電子制御化・統合化の基礎技術の進展と応用のスタート	・電力分野のセンサ・アクチュエータ技術の確立と実用化の進展	・電力供給システムの電子制御による社会変革と環境負荷低減技術の普及一般化
社会インフラの安全安心技術分野	・鉄道・高速道などの劣化診断技術の進展と必要なセンサ・モニター技術の基礎開発	・人車混載の省エネ高速鉄道 (21世紀の省エネ輸送技術) の有用性の評価と基礎研究技術の進展	・高速人車 (貨物) 鉄道構想 (グリーン鉄道構想) の要素技術進展とテストラインの構築
農林業分野の近代化・ロボット化	・農林業管理用のロボット・センサ・アクチュエータ技術の進展、山林のロボット管理の調査 ・ロボット農林機械工学の発展	・実用化のトライアルとバイオマスの有効活用 ・農林業分野での機械のりモート、ロボット運転、センサ技術の大幅な進展	・部分的な実用化の進展 ・農業・林業ロボット化技術の100年計画始まる
新センサ技術の高機能化	・ナノテクセンサ技術の進展 ・非接触センサ技術の高機能化	・リニア新幹線、超伝導センサなど超電導体応用工学・技術の集積および確立で飛躍的な高機能化	・超電導センサなど新規センサ工学で生体センサの高機能化が必須となり、その技術集積が22世紀の入り口と期待される。
ケミカルセンサ技術	・スマートフォンに搭載可能な高性能化学センサデバイスとケミカルセンサネットワークの実現 ・味匂い情報を計測・記録し、伝送・再現する技術の実現 ・安全・安心を脅かす化学物質 (爆発物、違法薬物、農薬、毒物など) を高感度に検知し、発見するセンサの実現	・呼吸や体臭、唾液や尿などで人の健康状態をどこでもすぐにチェックできる化学センサの実現 ・人を探出し、識別する化学センサ技術の実現 ・味匂い情報を提示する超現実感を伴うヒューマンインタフェース技術の実現 ・ケミカルセンサネットワークによるマクロ・超マクロな化学物質動態のモニタリング ・微量血中マーカー物質の瞬時測定システムの瞬時検出システムの実現 ・体内埋込型血中マーカー物質連続モニタリングシステム、およびそのシステムを内包した連続薬物投与システムの実現	・生物より高い検知能力と柔軟性を持つスーパー化学センサを搭載したバイオシステムやロボットの出現 ・ミクロからマクロまでの実空間の化学物質情報を完全に可視化し、発見科学するセンサ技術 ・化学空間情報を包含するサイバーフィジカルシステムの実現と実空間連携技術 ・血管内循環型マイクロセンシングシステムの実現 (ミクロの決死闘) ・脳内に分散させて脳機能を計測する神経伝達物質モニタリング用ナノセンサの実現 ・生体内で特定機能を有する人工細胞用化学センサ
マイクロ化学システム (μTAS) 技術	・血液や唾液などにより感染症等の病気の早期発見できる ・マイクロ化学システムを利用した再生医療研究	・血液中のがん細胞などを超高感度で検出 ・マイクロ化学システムにより人工臓器の生産開始	・埋め込んだマイクロデバイスが体の不調を自動的に察知して、適切な薬液を局所的に投薬する
バイオセンサ・MEMS技術	・ICTとバイオセンサ・MEMSが融合する	・ばらまきバイオセンサデバイスにより、環境 (土壌、空気、水など) や生体情報が収集されICT等との融合しデータが集まる	・センサデバイスからの環境などのビッグデータを元に社会の変化の兆しなどの予兆が分かるようになる
生体機械インターフェース技術	・体着型のセンサにより、人の行動や脈波などに代表される生体情報がICTを用いてクラウドの上がり様々なサービスが始まる	・体に埋め込んだセンサにより、人の感情などを機械に伝えることができるようになる	・バイオセンサ・MEMSと生体が共生する (エネルギーを生体から得たり、生体の高度化をMEMSデバイスがサポート)

制御・パワー分科会、電気学会

9-3-1 電子デバイス分野の夢ロードマップ

分野	「機能」とデバイス	現在 (2014)	2030年	2050年
情報	「論理演算」 CMOS 微細化	Si系CMOS Fin構造 High k ゲート材料 25nm	3次元Si系CMOS 非Si系CMOS (III-V、ナノカーボン) 5nm	3次元超高速CMOS (分子素子) 自己組織化回路 1.5 nm (物理限界)
	「量子情報処理」	単一光子発生と検出	単一光子発生検出素子 量子スピンプロセス 光万能量子ゲート 量子符号化技術	オンデマンド量子もつれ生成制御素子、 高感度高精度量子状態検出技術
	「記憶」 半導体メモリ 磁気・スピン	DRAM, SRAM フラッシュメモリ MRAM (黎明期)	MRAM (DRAM, SRAM置換) 10Tbit/inch 量子スピンメモリ出現	量子スピンメモリ 100Tbit/inch
	「高周波処理」 ミリ波デバイス THzデバイス	マイクロ波 ミリ波デバイス THzデバイス出現	ミリ波・THzセンサネット、集積化超伝導素子	THz制御量子ビット、THz分子認識素子
	「表示」	2D、疑似3Dディスプレイ	ホログラフィック3Dディスプレイ フレキシブル2D表示ディスプレイ	仮想現実ディスプレイ
	「撮像」	CMOS撮像素子 遠近認識センサ	Super Hi-vision用有機半導体撮像素子 高精細立体画像取得素子	雰囲気伝達カメラ 心や空気を読む撮像素子
	「高温・放射線」 耐環境・極限エレクトロニクス	耐性のある数世代前デバイスを利用、 現代とのミスマッチ	高温 (300°C) 動作デバイス・システム 耐放射線デバイス	宇宙環境システム 原子炉制御回路 資源探査デバイス

デバイス・電子機器分科会、電子情報通信学会

9-3-2 電子デバイス分野の夢ロードマップ

		現在 (2014)	2030年	2050年
分野	「機能」とデバイス			
エネルギー	「光電変換」太陽電池	半導体太陽電池	有機太陽電池 人工光合成デバイス	超植物太陽光利用素子
	「蓄電」	Liイオン2次電池	集積 積層型燃料電池	火薬なみ高出力高密度電源デバイス
	「電力変換」パワーデバイス	Si MOSFET Si IGBT Si サイリスタ	低損失電力素子 SiC MOSFET SiC IGBT	超低損失超高压電力素子 (ダイヤモンド C-BN)
バイオ・食品	「エネルギー伝送」超伝導デバイス	電線	超伝導送電 室温超伝導発見	超伝導電力網 室温超伝導素子
	「診断、センシング」	糖センサ、味覚センサ	業務用DNAシーケンサ 初期がんセンサ 犬不要匂いセンサ 生体親和素子 大面積センサアレイ	家庭用食品履歴検査チップ リアルタイム体調制御センサネット
	「ドラッグデリバリー」	マイクロ・ナノカプセル、ナノ粒子、	生体環境センサ付ドラッグデリバリー	インテリジェントアクティブドラッグ
	「手術および局所化学反応」	レーザーメス	ピンポイント細胞加熱、	ナノポイント細胞光照射

デバイス・電子機器分科会、電子情報通信学会

9-4-1 情報通信分野の夢ロードマップ ～人と社会を支える情報通信～

		現在	2030年	2050年
求められる情報通信技術		●不可能を可能にするICT ●安心して使える電子機器 ●あらゆる状況でインターネットリソースを活用できる携帯型パーソナルICT	●人間中心設計により誰もがより便利に使えるICT ●安心して使えるセキュアなICT ●人の脳構造や思考過程を取り入れた高度なパーソナルICTで人が優しく利用可	●生きがい支援し、幸せを創るICT ●無意識に安心して使えるICT/電子機器 ●高度なパーソナルICTと仮想世界の調和により個々の感性に適應できるサービス
コミュニケーション基盤	新たな通信	●車々間で通信が可能	●地球周辺で通信が可能	●地上・月間/惑星間で通信が可能
	ネットワーク活用	●各個人が生活コンテンツを共有 ●スマートフォン、SNS、学習・販売等各種サービスシステムがインフラとして普及	●身近な仲間の生活コミュニティを支援 ●ビジネス取引/学習/娯楽・医療行為などを実現 ●社会（公共）インフラ管理	●いつでもどこでも生活情報を共有し、世界の人々と親密な意思疎通が可能 ●国際的なビジネス取引/共同学習/外交交渉を実現 ●社会現象ログ
	人とのインタフェース	●ユーザ要求を分類した通信サービスの提供 ●ウェアラブルセンサ ●自動点訳	●自然な方式でユーザが自由に要求できる通信サービスの提供 ●脳とコンピュータの接続 ●手話認識	●個人的環境や要求を自動的に察知する通信サービスの提供 ●脳と通信NWの接続 ●メディアの自動変換 ●味・香りの伝達、再現、検索

ICT: Information & Communication Technology NW: network SNS: Social Networking Service

通信・電子システム分科会、電子情報通信学会

9-4-2 情報通信分野の夢ロードマップ ～目指すべき社会の実現に向けて必要な技術～

		現在	2030年	2050年
持続可能社会	地球環境の保全	●センサネットワークにより自然情報を採取 ●低消費電力電子機器	●低消費電力無線センサNW ●自然エネルギー利用発電	●地球規模での環境観測・災害予測・解析 ●新エネルギーの開発(人の動作等)
	建物・交通のエネルギー管理	●スマートグリッド	●建物レベルのエネルギー管理 ●車両群NWによるコンボイ走行	●地球規模のエネルギー管理 ●統合交通システム、無線給電走行
	防災・減災	●構造物・災害モニタリングと緊急速報 ●トリアージ(RFID, 携帯電話)	●災害予測と高度緊急速報 ●遠隔制御ロボット	●構造物に溶け込むセンサ ●国際連携防災システム・モニタリング
少子高齢化社会	生活・介護	●食事・介護/ペットロボット	●見守り/お手伝い/癒しロボット	●家庭用/心理解ロボット
	移動支援	●カーナビ(位置推定精度:100m) ●歩行者・車周辺検知(検知精度:数10cm～数m) ●電動車いす・転倒防止	●インテリジェント交通システム(位置推定精度:1m) ●歩車間通信で事故ゼロ化(検知精度:数cm) ●音声/自動制御車いす	●公共交通機関の完全バリアフリー ●路上センサ/ヒューマノイドによる自律走行自動車
知識社会	IT化職場生産現場	●リモート/モバイルオフィス ●NWロボット/FA	●コビキタス/セキュアオフィス	●アメニティ/スマートオフィス
	情報処理	●コミュニケーション支援 ●学習理論、データマイニング ●計算論的神経科学/認知科学	●ライフログ活用システム ●意味/推論の発見、知識の統合、大規模データベース ●大規模脳モデリング	●幸福度自動反映システム ●推論・発見技術 ●人の意図理解ベース行動支援
	大量データ処理	●公共/ハイブリッドクラウドシステム ●高信頼性ストレージ	●異機種混在/インタークラウドシステム ●ネットワーク化されたストレージ	●ギャラクシコンピューティング ●100年超高信頼性ストレージ
	表示技術	●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 ●存在を感じさせないディスプレイ	●3Dホログラフィー ●人と一体化するディスプレイ

FA: Factory Automation, RFID: Radio-Frequency Identification

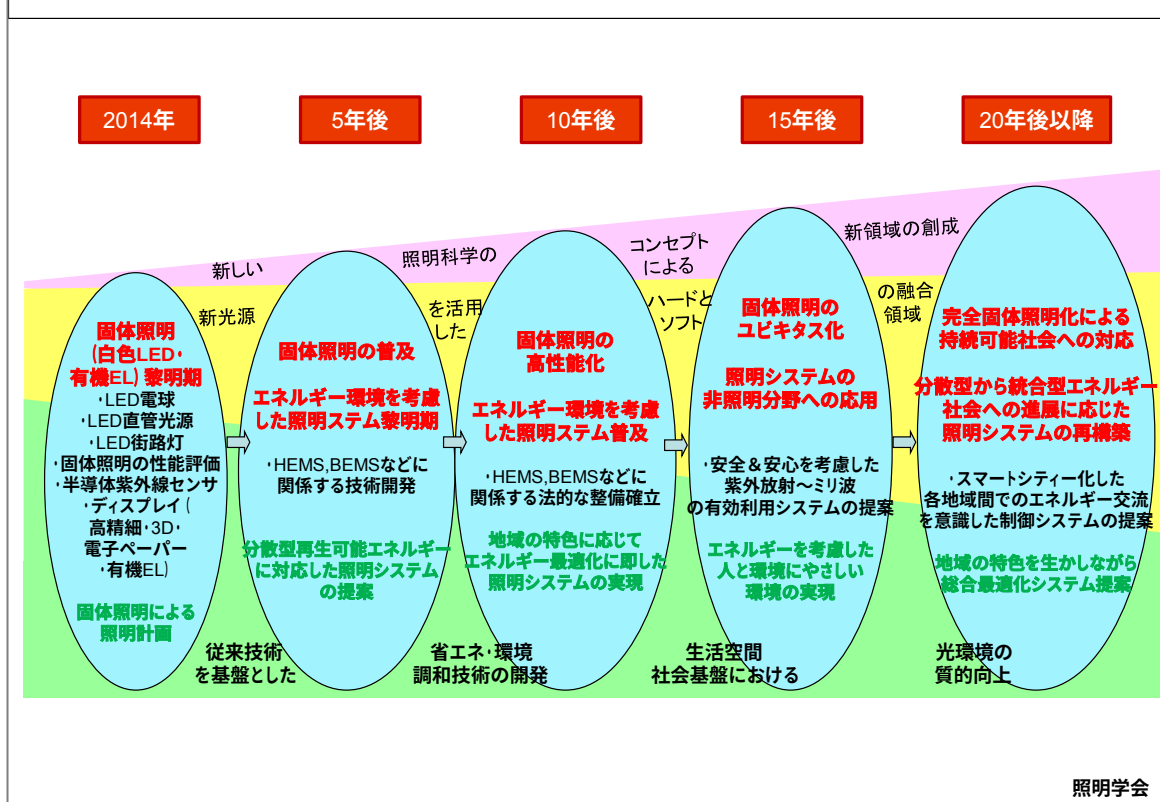
通信・電子システム分科会、電子情報通信学会

9-4-3 情報通信分野の夢ロードマップ ～ICTインフラ技術～

		2014-2020年	2020-2030年	2030-2040年
センサネットワーク		・無線タグやセンサネットワークの導入がすすむ	・センサネットワークによる安全性・自動化が飛躍的に向上 各種構造物の定期点検間隔が大きく伸び、動きまわるモノの状態も観察可能になる ・遍在するセンサやセンサネットワークがインフラ化し、地球環境等の持続可能性に貢献	・各種構造物の定期保守作業が不要になり、その他多くのモノの状態が遠隔で観察可能になる
通信形態・無線デバイス		・スマートフォン時代:主に人間・人間間の通信と、クライアント・サーバ型通信、およびその発展系	・マシンタイプコミュニケーション 人と機械やモノ間、機械・機械間の通信比率が高まる ・ウェアラブル端末の進展による自然形態での通信	・真のコビキタス通信環境の実現: 人と人、人とコンピュータ(機械)、コンピュータ(機械)機器間通信の区別がつかなくなる
ネットワーク		・ネットワークの all IP化 ・(ディザスタリカバリーを実現する) 高信頼ネットワークの構築 ・デジタルデバイド(空間的・情報リテラン)の存在 ・10～100Mb/sブロードバンドが家庭に普及。 ・家電等も含めた家庭内ネットワークが進展。 ・家庭内機器の遠隔操作が可能に ・電話会議、TV会議、ネット会議の進展により会議携帯が多様化	・自らが能動的に機能するネットワーク(固定・移動・放送が融合したネットワーク) ・決して途切れない超高信頼ライフラインネットワーク ・コンテキストウェアアネス:状況に応じて最適なサービスを提供 ・デジタルデバイド(空間的)の解消:誰もがブロードバンドを利用可能に ・ギガビット・ブロードバンドが家庭に普及 ・IT、セキュリティ技術を利用したホームセキュリティの遠隔監視が普及 ・電話会議、TV会議、ネット会議の進展、通信の進展により勤務形態が多様化、自宅勤務、遠隔勤務などが可能に	・機器の存在を意識せずに自然に情報伝送ができるネットワーク ・欲しい時にすぐに使えるネットワークオンデマンド ・サイバー空間と実空間がシームレスにつながる「空間共有通信技術」 ・テラビット・ブロードバンドが家庭に普及 ・電話会議、TV会議、ネット会議の進展、通信の進展により勤務形態が多様化、自宅勤務、遠隔勤務などが普及
情報セキュリティ		・多数のID/パスワードによるサイト毎のアクセス管理が基本。簡単なプロトコル範囲内で暗号化	・少数のパスワードで多数サイトへアクセス可。生体認証による個人識別が更に普及。状況に依存したプライバシー保護。暗号強度の更なる強化	・安全性が直感的にわかるセキュリティの登場 迷惑メールがゼロに

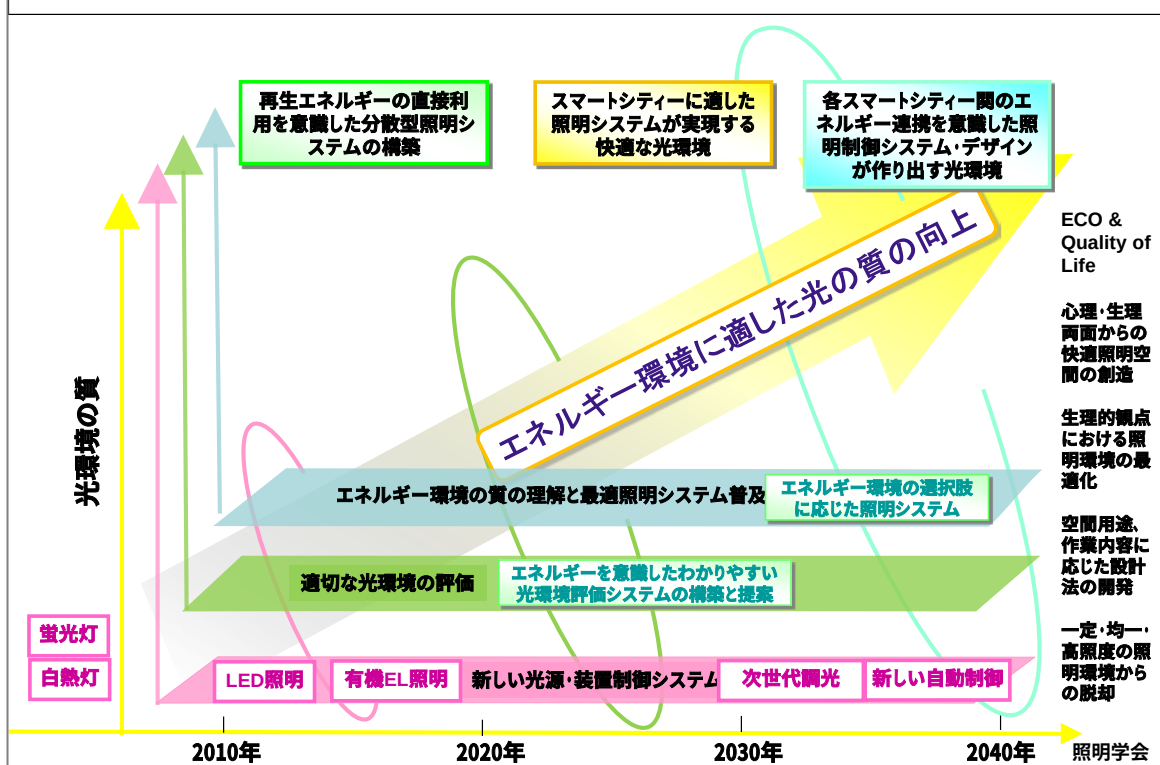
制御・パワー分科会、電気学会、電子情報通信学会

9-5-1 照明分野の夢ロードマップ

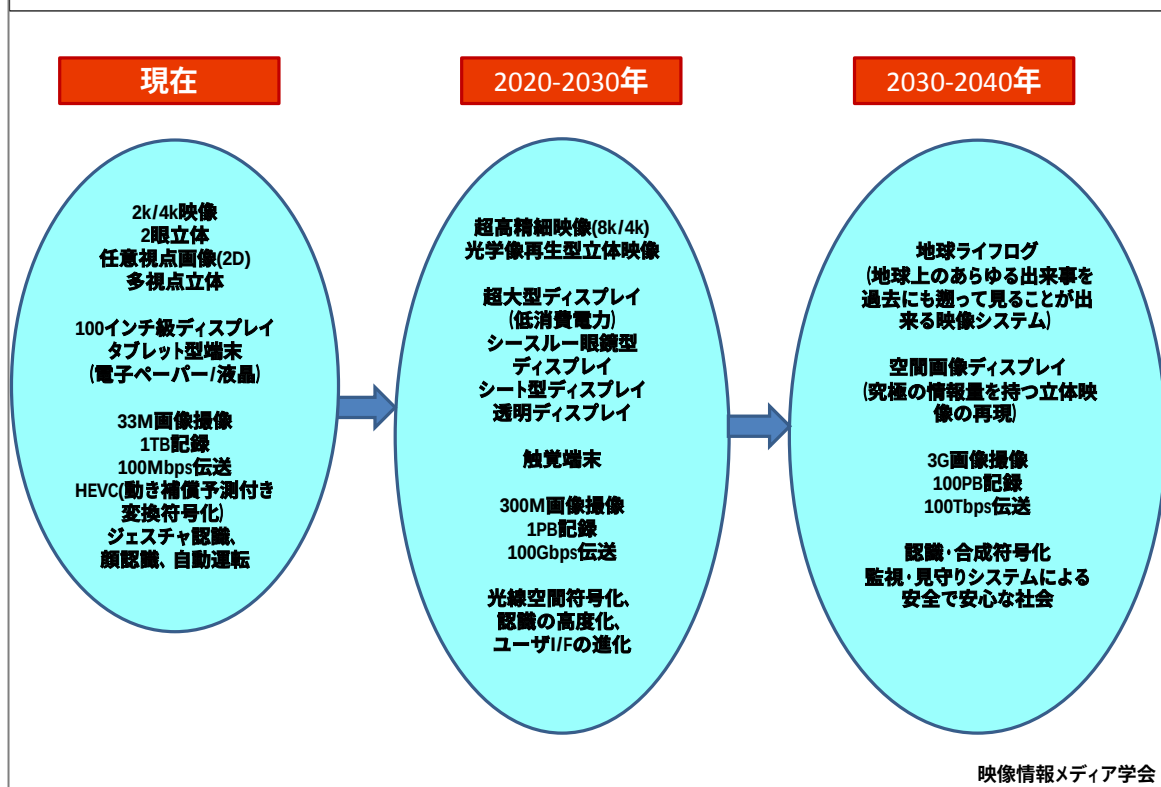


9-5-2 照明分野の夢ロードマップ

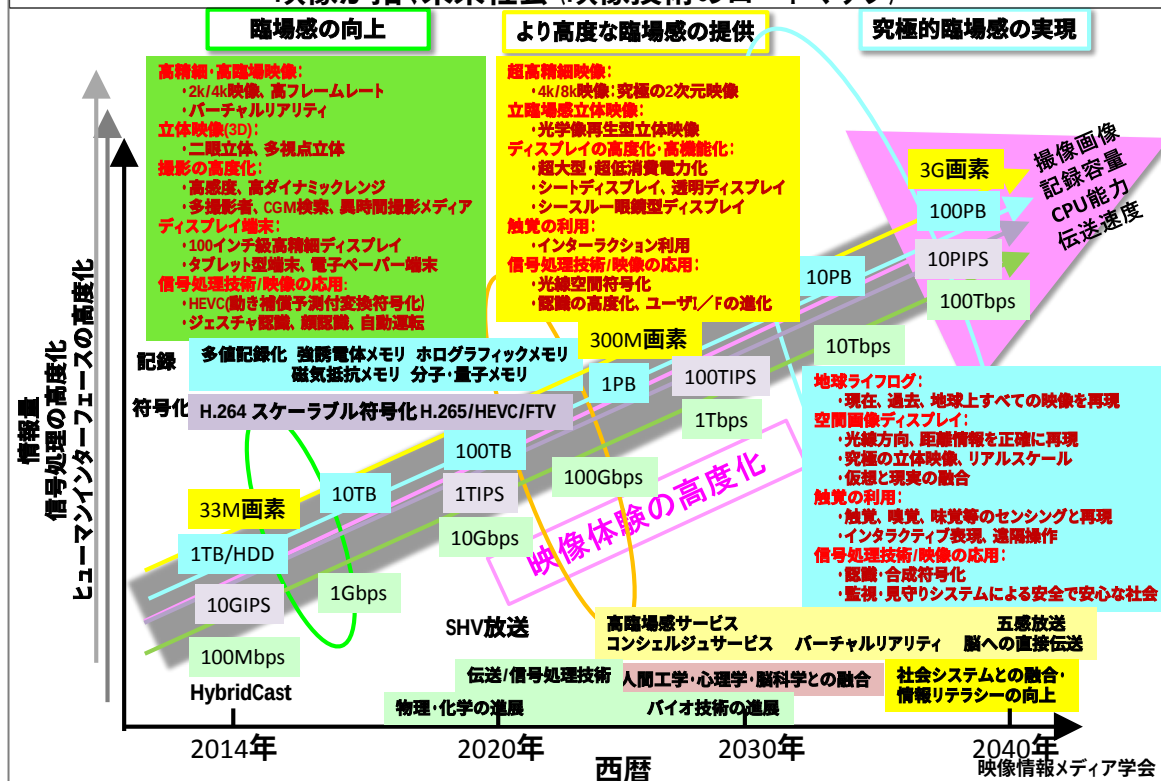
～光環境の快適で省エネルギーな世界 (光環境の質の向上ロードマップ)～



9-6-1 映像情報メディア分野の夢ロードマップ



9-6-2 映像情報メディア分野の夢ロードマップ ～映像が拓く未来社会 (映像技術のロードマップ)～



9-7-1 光・電波技術分野の夢ロードマップ

小委員会 (Commission)	現在	2030年	2050年
電磁波計測	○光格子時計 ○広帯域光コム ○超狭線幅光源 ○高精度タイミング同期	○次世代光周波数標準 ○超高安定光ファイバ信号配信網 ○紫外・赤外・テラヘルツ光コム ○テラヘルツ周波数基準	○量子暗号通信 ○宇宙空間大容量光通信 ○10⁴・19台周波数基準
電磁波	○Maxwell方程式の解析的な解法 ○有限周期構造, メタマテリアルの数値解法 ○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 ○アンテナの性能向上	○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, メタマテリアル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 ○多機能化アンテナ ○reconfigurableアンテナ(適応可変アンテナ)	○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, メタマテリアルの完全解析的解法 ○システムレベルの自動最適設計技術
無線通信システム信号処理	○センサーネットワーク ○モバイル機器, 小型家電のワイヤレス給電	○通信情報とワイヤレス給電との融合によるバッテリーレスセンサーネットワーク ○無線送電による, 配線フリーな家庭用太陽光発電・風力発電	○HEMS, BEMS, 人体, EV等のバッテリーレス機器とクラウドとの融合によるスマート社会の実現 ○家庭内電源及び通信情報の完全コードレス化, EVの走行中給電による超長距離走行
エレクトロニクス・フォトニクス	○低エネルギー・小型集積・高速大容量信号処理: Si/化合物半導体デバイス ○ヒューマンインターフェースデバイス: ウェアラブルデバイス ○プロセスノベーション: 半導体材料の微細加工技術	○光電子融合デバイス(シリコンフォトニクスプロセスLSI等) ○インプラントデバイス(体内埋込み型) ○低環境負荷・リサイクル材料技術(有機・分子材料等)	○光子デバイス(シングルエレクトロン・シングルフォトンLSIチップ等) ○セルレベルのI/Oデバイス(ニューロン, DN Aインターフェースチップ) ○3D自己組織・自己修復デバイス(バイオとの融合)
電磁波の雑音・障害	○スマホ・携帯電話 ○磁界結合による大電力供給 ○無線電力伝送 ○雷発生の観測・予測	○どこでもつながる携帯端末 ○低消費電力のワイヤレス端末 ○PCや自動車のワイヤレス給電 ○雷放電全球リアルタイムモニタリング	○充電が不要な小電力ウェアラブル携帯端末 ○宇宙太陽光発電による無線大電力伝送 ○雷放電のピンポイント予測
非電離電磁波伝搬・リモートセンシング	○100Mbps程度の伝送速度に対する移動通信伝搬路モデル ○全世界の降水量データベースによる地上衛星伝搬路モデル ○1kmメッシュ間隔での降水雲レーダ観測網	○1Gbps以上の伝送速度に対する移動通信伝搬路モデル ○全世界の降水量観測網による実時間での地上衛星伝搬路モデル ○100mメッシュ間隔での降水雲レーダや各種センサ観測網	○電波光通信および電力伝送を融合した超高速移動伝搬路モデル ○全世界の各種気象観測やセンサを統合した地上衛星伝搬路モデル ○全世界の任意の地点に対する各種気象や環境観測網の整備

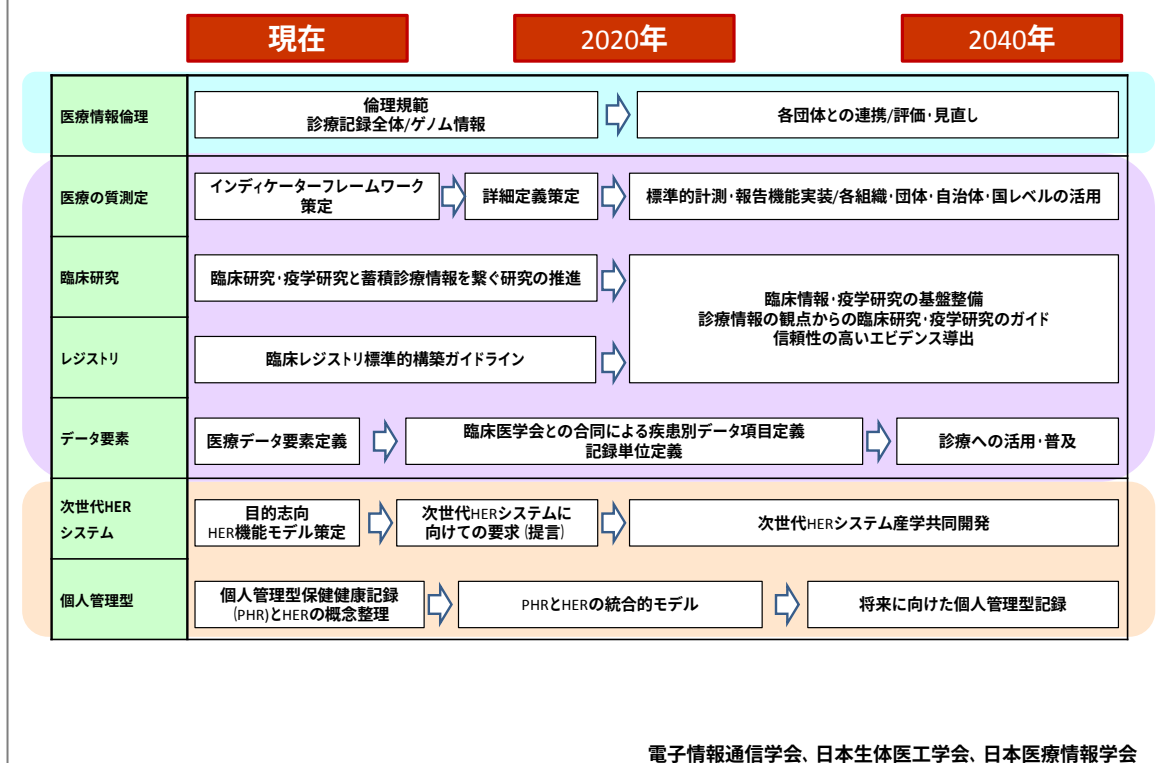
URSI分科会, 電子情報通信学会

9-7-2 光・電波技術分野の夢ロードマップ(つづき)

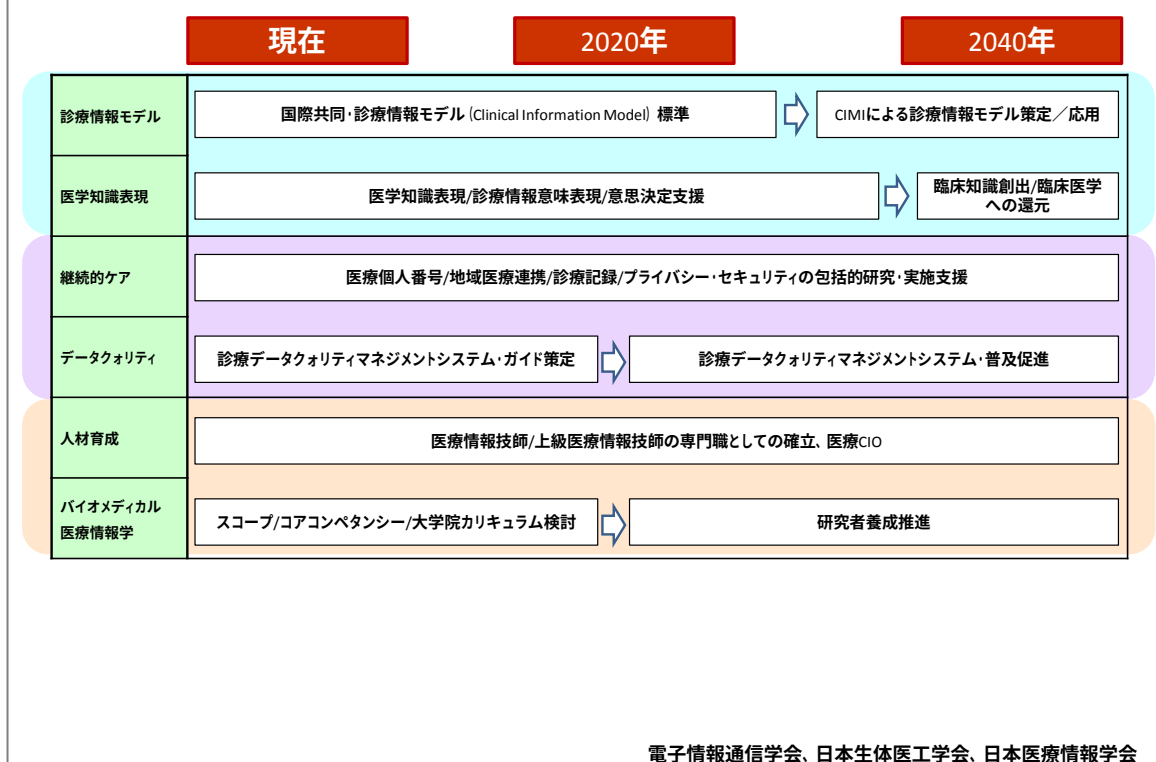
小委員会 (Commission)	現在	2030年	2050年
電離圏電波伝搬	○大気レーダー映像観測 ○15秒の分解能, 高さ120kmまで測る高機能ライダー ○電磁界計測器・大気光・GNSS受信器を用いた大気圏・電離圏リモートセンシング ○超高層大気・電離圏を含むGCM (General Circulation Model)	○地上から高さ120km以上の熱圏風・温度を測定するライダー・レーダー・星間ファブリ・ペロー干渉計の開発 ○地上・海上多点観測網による大気圏・電離圏リモートセンシングのグローバル化 ○地上や低軌道衛星から熱圏・電離圏の物質輸送をリモートセンシングする手法の開発 ○「宇宙天気」数値予報→電離圏プラズマバブルの発生予測	○大気レーダー(あるいはISレーダー)の衛星搭載 ○再使用ロケットを用いた電離圏長期滞在観測の実現 ○低軌道衛星と全球リモートセンシング機器群を組み合わせた大気圏・電離圏トモグラフィ ○熱圏・電離圏の物質輸送計測のグローバル化 ○10年以上のスケールの太陽活動変動の数値予報
プラズマ波動	○ERG衛星で実現される波動粒子相互作用解析装置(WPIA)の開発と機能実証 ○ホイッスラーモードおよびEMIC波動粒子相互作用素過程の実証 ○地上磁場観測網のULF波動データによる磁気圏プラズマ密度推定 ○赤道環電流・放射線帯形成過程におけるULF波動の役割の検証	○ジオスペース, 惑星電磁気圏におけるWPIA観測の実施 ○様々なプラズマ環境における波動粒子相互作用素過程の実証 ○ジオスペースにおけるプラズマ波動励起の能動実験 ○多衛星編隊観測による波数空間スペクトルの直接測定とプラズマ乱流の散逸構造の解明	○太陽大気中における波動粒子相互作用の観測 ○プラズマ波動による放射線帯粒子フラックスの制御
電波天文学	○アタカミミリ波サブミリ波干渉計ALMAの完成 ○銀河の起源の解明 ○惑星系の誕生の解明 ○生命へつながる分子の発見	○低周波大口径干渉計SKAの完成 ○宇宙再電離の観測による初期宇宙の天体進化の解明 ○パルサータイミング観測による重力理論の検証 ○インフレーション理論・ダークエネルギーの解明	○大型サブミリ波干渉計の完成 ○ブラックホールの直接撮像観測 ○地球外生命探査・宇宙文明探査
医用生体電磁気学	○バイオチップ ○ワイヤレスエネルギー伝送の安全性評価 ○ハイパーサーミアなど医療応用の基礎研究 ○人体の詳細な曝露評価 ○実験手法による電磁界の安全性評価	○生体埋込みチップ ○曝露評価の検証技術 ○テラヘルツの健康リスク評価 ○電磁波による癌の超早期診断 ○体の深部への局所的電磁界照射治療	○生体代替エレクトロニクス ○非接触・無拘束のヘルスマニタリング ○電磁界の作用による神経系の再生 ○医用通信技術の評価手法
マスタープラン2014	○電磁波の科学的利用と商業的利用の共存・共栄	○運用調整, オーバレイ, アンダレイなどによる周波数スペクトルの共有 ○実験実証と確率的モデルに基づく科学的・客観的な電磁波利用の共存方法の確立	○知的情報処理に基づく周波数スペクトルの時間・空間的な高密度利用の完全自動化

URSI分科会, 電子情報通信学会

9-8-1 医療情報電子分野の夢ロードマップ



9-8-2 医療情報電子分野の夢ロードマップ(つづき)



(10) 土木工学・建築学分野

① 土木工学・建築学分野のビジョン

我が国の土木工学・建築学は、人と自然を調和させつつ、安全・安心で豊かな社会を実現することを目標とし、自然と共生する国土・都市づくり、人々が安心して暮らせる建築社会基盤の整備等に努めてきた。しかし、東日本大震災は、土木工学・建築学に大きな課題をつきつけた。

日本列島が地震の活動期に入り、地球の気候が変動し、エネルギー供給の構造が変化し、高齢化が進み人口が減少する中で、持続可能で安全な社会を実現するためには、土木工学・建築学が、これまでの前提条件を見直し、科学・技術を一層向上させていくことが喫緊の課題である。

このような状況に鑑み、土木工学・建築学分野では、最終目標に「持続可能で豊かな社会」の実現を置き、「安全・安心な社会」、「インフラ健全化社会」、「健康・文化向上社会」、「環境共生社会」、「低炭素・循環型社会」、「国際貢献」を重点目標に掲げる。さらに、土木工学・建築学の分野では、地球規模の環境・防災から居住空間の環境・防災まで広い範囲の対応が期待されており、高度で多様な人材の育成が望まれている。

これらの目標を実現するためには、次の6つの課題に取り組むことが重要である。

- 1) 災害要因となる自然現象の解明に努め、防災・減災機能を強化し、安全・安心な社会を築く。
- 2) 社会基盤の老朽化対策を始め、国土・都市・地域環境の保全を可能にする、維持管理・環境マネジメント技術を構築する。
- 3) 人口が減少し高齢化が進む中で、健やかで心豊かに生きるための住宅・社会基盤づくりに取り組む。
- 4) 地球規模での環境の保全を目指し、自然と共生する国土・都市づくりに努める。
- 5) 我が国のエネルギー供給の構造が変化する中で、国際的需給状況を踏まえたエネルギー・資源の安定的な利用を目指す。
- 6) 日本の土木工学・建築学が世界の安全・安心に寄与できるように、国際的視野を備えた高度で多様な人材の育成を進めると共に、学術の国際交流の促進に尽力する。

② 土木工学・建築学分野の夢ロードマップの考え方

土木工学・建築学分野の夢ロードマップは、横軸に年代を採り、左から 2010 年、2030 年、2050 年として示す。現在から 2030 年までに達成したい短期目標、2030 年から 2050 年までに達成したい中期目標、2050 年以降に達成したい重点目標を挙げ、年代の最後には本ロードマップが目指す最終目標を挙げている。

短期目標と中期目標のもとに、目標を実現するために取り組むべき課題を列挙している。縦軸は、下から「防災・減災対策」、「インフラの老朽化対策」等の基本的な課題を置き、上に向かって「新エネルギー・省エネ技術」、「国際交流」等の広がりを持った課題を置き、全部で6つの課題を並べている。

土木工学・建築学分野のビジョン（以下、「ビジョン」という）との関係では、この中心円に書かれた7つの目標が、ロードマップの最終目標「持続可能で豊かな社会の実現」と6つの重点目標「安全・安心な社会」、「インフラ健全化社会」、「健康・文化向上社会」、「環境共生社会」、「低炭素・循環型社会」、「国際貢献」に対応している。

ロードマップの6つの目標を実現するために列挙した取り組むべき課題は、ビジョンの周辺の6つの円に書かれた取り組むべき課題に対応している。

次に、各重点目標とその課題について述べる。

ア 安全・安心な社会

日本列島が地震の活動期に入り、地球の気候が変動し、自然災害に対する防災・減災対策がますます重要になっている。安全・安心な社会を構築するためには、災害を起こす自然現象の解明に努めると共に、都市集中の弊害を是正し、災害に強い国土・社会構造のあり方を検討する必要がある。また、災害が起こった後の社会経済の継続性を確保するために、災害回復力の強化に努める必要もある。

安全・安心な社会を実現するために、次の目標を掲げる。

2030年までの短期目標

- ・防災・減災手法の開発を行い、その手法を自然災害のリスクが大きいと予測される重点地域、防災・減災の必要性の高い地域に適用する。

2050年までの中期目標

- ・防災・減災機能を確立し、全国に展開する。

イ インフラ健全化社会

我が国の社会基盤は時代の変化に合わせて構築する必要があるが、これらの高齢化・老朽化が進む中で、国民の生命と財産を守るために、社会資本を戦略的に維持・管理することが必要である。人口減少下で、安全・安心で快適・効率的な社会を支えるために、インフラ健全化社会の構築が求められている。

インフラ健全化社会を実現するためには、インフラの点検・診断・評価・維持管理の技術開発、アセットマネジメントの高度化等により、膨大な数のインフラを効

率的に低コストで保全する仕組みが必要である。また、インフラの予防保全の向上と長寿命化対策が重要である。さらに、快適で効率的な社会を支えるために、ソフトとハードの技術によるイノベーション、構築環境として魅力ある空間を創成する手法も求められる。

さらに、環境との調和も重要な視点であり、環境評価・マネジメント技術の開発、国土保全・環境保全技術の向上も求められている。

インフラ健全化社会を実現するために、次の目標掲げる。

2030 年までの短期目標

- ・インフラの老朽化対策を行うと共に、国土・都市・地域環境の保全に取り組む。

2050 年までの中期目標

- ・インフラの予防保全を確立すると共に、国土・都市・地域環境の保全技術の向上に取り組む。

ウ 健康・文化向上社会

人口が減少し、高齢化が進む中で、健やかで心豊かに生きるための住宅・社会基盤づくりに取り組み、人々の健康・文化を向上させることが求められている。

健康・文化向上社会の実現のためには、建築・社会基盤の景観・デザインの向上が重要である。

また、人口減少・高齢化に対応するために、住宅・都市・国土計画の抜本的な見直し、住宅・都市における健康・安全を考えたデザインの方法を考える必要である。

心豊かに生きるためには、人々の暮らしを支える地域コミュニティの育成、子どもの成育環境の改善、伝統文化の継承が大切である。さらに、かつて日本のどこにでもあった人間関係資本（ソーシャル・キャピタル）を再生することにより、地域を支える力を取り戻すことも、持続可能な社会を構築する上で重要である。

健康・文化向上社会を実現するために、次の目標掲げる。

2030 年までの短期目標

- ・人口減少・高齢化に対応した住宅・社会基盤を作ると共に、地域コミュニティ・文化力の向上を目指し、これらに取り組む人の育成に取り組む。

2050 年までの中期目標

- ・健康を増進する住宅・社会基盤を作ると共に、地域コミュニティ・文化力の向上に取り組む。

エ 環境共生社会

地球環境の悪化が懸念され、地球の気候が変動する中で、持続可能な社会を作るためには、地球環境を守り、環境と共生する社会を作ることが求められている。

環境共生社会の実現のためには、生物多様性の保全等に取り組み、自然を再生することにより地域・国土の健全化を図ることが重要である。また、地球規模での環境の保全を目指し、自然と共生する国土・都市づくりに努めることが必要である。さらに、河川を中心として自然共生型流域圏の構築も重要な視点である。

環境共生社会を実現するために、次の目標を掲げる。

2030 年までの短期目標

- ・自然の再生による地域の健全化に取り組むと共に、自然と共生する国土・都市計画を推進する。

2050 年までの中期目標

- ・自然の再生による国土の健全化に取り組むと共に、自然と共生する国土・都市計画を推進し、その結果自然と国土・都市の共生が実現される。

オ 低炭素・循環型社会

地球温暖化による自然・国土・人間の生活への影響が危惧される中、低炭素化への取り組みが必要である。また、地球上の資源の有限性と環境負荷軽減のために、循環型社会の構築が求められている。

低炭素・循環型社会の実現のためには、東日本大震災後に我が国のエネルギー供給の構造が変化する中で、国際的需給状況を踏まえたエネルギー・資源の安定的な利用に取り組む必要がある。また、多様な新エネルギーを生み出す戦略を進め、省エネルギーの技術革新を推進し、地球環境保全のために低炭素化を促進する必要がある。さらに、日本社会全体で、低炭素・循環型社会を目指してライフスタイルや制度を変革していくことも重要な視点である。

低炭素・循環型社会を実現するために、次の目標を掲げる。

2030 年までの短期目標

- ・資源エネルギーの構造変化を踏まえた安定利用を実現すると共に、多様な新エネルギー技術の創出、省エネルギー技術革新に努める。

2050 年までの中期目標

- ・低炭素・循環型の日本モデルを創設すると共に、地球環境保全のために、日本モデルの国際展開を図る。

カ 国際貢献

我が国の防災・減災に関わる研究成果を、各国の地震や津波等の災害リスクの軽減に役立てると共に、地球規模の防災体制を確立するために必要な国際的研究協力体制をどのように構築し、効果的に展開するかが課題となっている。また、我が国の健康安全デザイン、インフラ整備技術、環境保全技術、エネルギー利用技術を始めとする土木工学・建築学の研究成果を国際的に活かすことも求められている。

国際貢献を実現するためには、日本の土木工学・建築学が世界の安全・安心に寄与できるように、国際的視野を備えた高度で多様な人材の育成を進めると共に、学術の国際交流の促進に尽力する必要がある。また、災害の多い国土で育まれた土木工学・建築学の知見を、世界の安全・安心な建築・社会基盤づくりに活かす仕組み作りも重要である。

国際貢献を実現するために、次の目標を掲げる。

2030 年までの短期目標

- ・学術の国際交流を促進すると共に、土木工学・建築学分野のグローバル化を図る。

2050 年までの中期目標

- ・世界で活躍できる人材を輩出すると共に、世界の自然災害の軽減に貢献する。

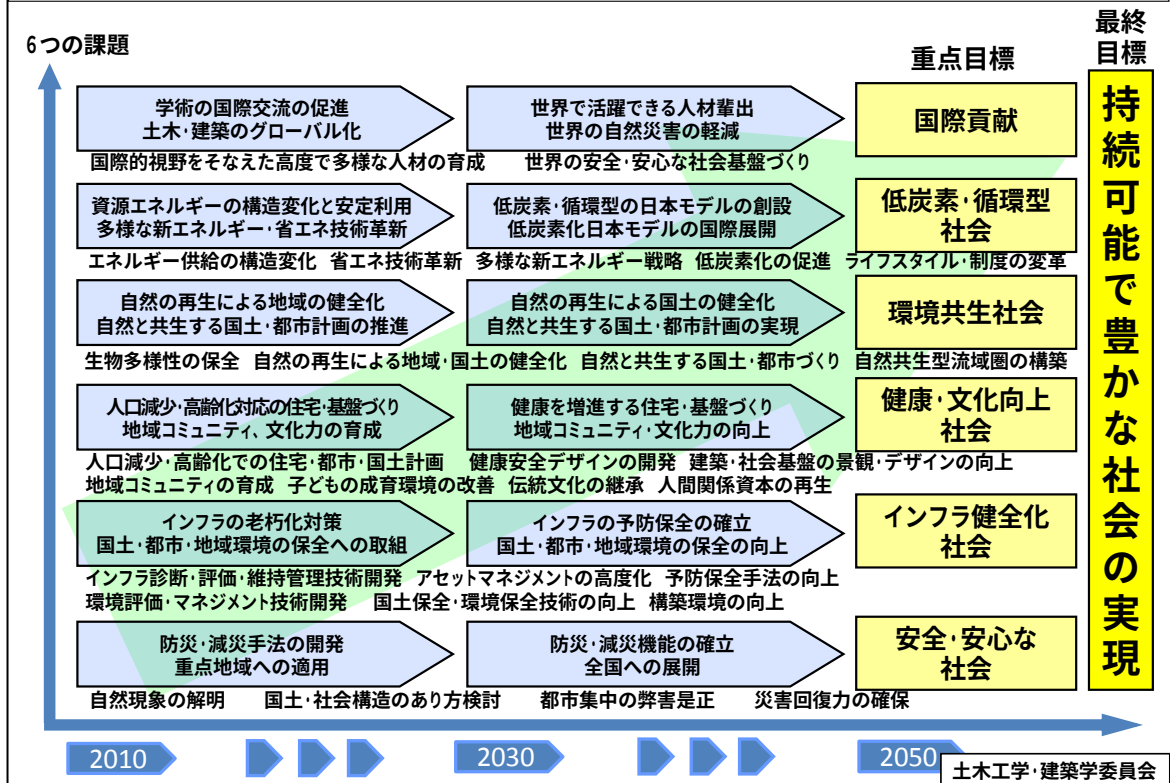
最終目標の実現に向けて

これまで述べた6つの重点目標「安全・安心な社会」、「インフラ健全化社会」、「健康・文化向上社会」、「環境共生社会」、「低炭素・循環型社会」、「国際貢献」を実現することにより、土木工学・建築学分野の夢ロードマップのビジョンの最終目標である「持続可能で豊かな社会の実現」を目指す。

10 土木工学・建築学分野のビジョン ～全体概要～



10-1 土木工学・建築学分野の夢ロードマップ ～全体概要～



(11) 材料工学分野

① 材料工学分野のビジョン

材料の進化は、人類史の中で、新しい科学、新しい技術や新しい産業の発展の基盤となり、常に人類の繁栄と社会進歩に貢献してきた。また、社会は進歩する度に、材料のさらなる進化を求め続けてきた。このように、時代時代で主題は変わっても、綿々と続く材料と社会の相補的かつ相乗的關係が今日の文明社会を築き上げてきており、この関係は未来においても不変である。

20 世紀までは自然環境、身近な資源や歴史発展等の地域的な制約を主に受けてきたが、21 世紀に入って主要な制約は環境制約を含めて地球規模のものとなった。同時に、材料に対する要求も世界規模で多様化するようになった。また、要求内容もより高い水準に、さらにより多くの機能の同時実現へと先鋭化している。さらに、グローバルな入手容易性、安定供給性、経済性等、一層多様でかつ高度な視点からの最適化が求められている。

材料工学は、歴史的には錬金術を起源とし、20 世紀以降、金属工学、無機材料工学、高分子材料工学等それぞれの材料分野で発展を遂げ、個別に体系化してきた。21 世紀に入る辺りから上で述べたような社会要請の変化に応じて、すべての材料を横断する融合展開が図られてきている学術分野である。すなわち、材料工学は、各種材料を融合展開する工学であり、端的には「材料の創製と高機能化を極める工学」と定義される。

材料工学における「材料」は、様々な物質からなる素材から、ある使用目的を有した構造体の多様な構成要素まで、それらの中間段階のものも含む総称である。ここに、様々な物質を構造体の構成要素までに止揚させる一連の所作がある。この一連の所作の方向性を材料化と呼び、一連の所作を材料プロセスという。材料プロセスは一元的ではなく多元的な視点から最適化される。

材料の創製は、現状では存在しない、或いはより優位に使用目的に適合する材料を工夫して造り出すことをいう。一方、材料の高機能化は、材料の多様な機能を社会価値尺度での向上を含めて高度化する、或いは材料に新たな機能を付加することをいう。

材料機能とは、材料の働きをすべて指す。複数の原子並びに分子さらにそれらの組み合わせが有機的に関係し合い、集合体として材料機能を発現する。材料機能を発現するこの集合体の様態を材料システムと呼ぶ。求められる材料機能を発現する最も有効な材料システムを設計する。

材料の創製は、物質等を原料にして、最も有効な材料システムを最適な材料プロセスで、材料化すると表現することもできる。材料の創製と高機能化は、互いに連関して達成される場合も、それぞれ独立して達成される場合もある。また、材料の創製と高機能化は、未来事象のみではなく、過去から現在までのすべての歴史的な事象も含んでいる。

材料化は目的行為であり、材料工学に固有のものである。物質を対象とする他の諸科学では、既知物質の存在様態や機能を与件に、全く新たな機能を有する新物質探索

に資する学術が中心となり、むしろ一切の制約条件を超える挑戦が鍵になる。それに対して材料工学では、新物質探索のベクトルを内包しながらも、一般に材料化を無条件では考えない。すなわち、材料化に際しての種々の制約条件を正しく認識した上で、与えられた条件のもとで最適な材料プロセスを展開し、使用環境、使用条件における最も有効な材料システムを実現する。

材料工学は、物質、材料、構造体とそれらの機能が持つ多様性に対して、以下に示す多様なアプローチで対応する。多様さを担保することにより、単一のアプローチだけでは陥りがちな部分性や偏りを補正し、補完する。

第1は、理論的・規範的アプローチである。材料化においてまず洞察すべきは、多様な物質機能のそれぞれの原理及び材料が実現すべき新たな価値の規定である。そして、両者を論理的に関連付ける。その際、基礎諸科学の学術的知見を基本とした理論的かつ規範的考察がその中心となる。

第2は、帰納的・実証的アプローチである。錬金術は、洗練された技を知的考察の対象とした。近代材料工学は、より優れた材料を意図的、設計的に作り出そうとするアプローチから生まれた。材料工学が成立し対象物質が大幅に拡大した現代においても、実用的関心を常に鋭く持ち続けている。

第3は、演繹的・実践的アプローチである。物質、材料、或いは構造体について、理論や計算によって、客観的かつ実証的に記述や説明を試み、より確実な知識の基盤の上に材料化を展開する。

材料工学に課された使命は、求められる材料性能が規定されれば、それを実現する最も効果的な材料システムを最適な材料プロセスを実現することである。したがって、材料工学が扱う範囲は、材料機能と材料システムの関係の解明、様々な材料システムの実現のための高効率な材料プロセスの追求、構造体等の最適加工技術を含めた構造体設計、材料による製品の社会価値尺度の評価等、基礎科学から応用工学までを包含している。さらに、材料工学は極めて広範な時空間を扱う工学でもある。したがって、材料工学の社会的役割は、上述した材料機能はもちろんのこと、材料機能の保証や信頼性、寿命や価値の最適化設計等に関する説明責任や、材料のライフサイクル解析や持続可能社会の設計までも及ぶ。

しかしながら、材料性能が実現すべき価値は、材料工学において自動的に導かれるものではない。社会の価値観、必要性、使命等と関連しており、工学としての材料工学は、土木学、建築学、機械工学、電気・電子工学等の工学分野全体の基盤を横断するものであり、それらの学術領域との連携は不可欠である。さらに経済的、社会的視点を繰り入れるためには、医学、法学等あらゆる学術領域との連携を可能とする柔軟性が求められる。

一方、人類の科学的英知の結集に基づくためには、主に物理学、化学、さらには生物学をも含む基礎科学を統合した材料に関する独自の学術分野を更新、再構築し続けることが求められる。

すなわち、材料工学の基礎は、以下の3つの柱で主に構成されている。

(A) 材料リテラシー学は、高校並びに大学学部前期における物理学、化学、生物学等を素養にして、材料と材料工学の基本的役割について、理解、記述、説明するための学術体系である。

(B) 材料システム工学は、材料機能を発現する仕組みである材料システムに関する学術体系である。

(C) 材料プロセス工学は、目的の材料及び材料システムを創製、製造するための、物理的及び化学的な方法に関する学術体系である。材料化における学術的基本構造は、材料リテラシー学の知識を土台に、材料システム工学の知識に裏付けられた目標材料システムを、材料プロセス工学の知識を駆使して作り込む方法論を理解することにある。

さらに、対象応用工学分野ごとに、以下のような応用材料学を学術領域として展開する。

(D) 社会インフラ材料学は、土木建築、機械、電気等の応用工学が対象とする製品に期待される材料の機能とその利用技術に関する学術体系である。

(E) グリーン・エネルギー材料学は、環境負荷最小限化、再生可能エネルギーと資源の高効率有効利用のための製品に期待される材料の機能とその利用技術に関する学術体系である。

(F) 医療・バイオ材料学は、医療のための、さらには生体機能を利用した製品に期待される材料の機能とその利用技術に関する学術体系である。

(G) デバイス材料学は、電子・光・磁気機能を利用した製品に期待される材料の機能とその利用技術に関する学術体系である。

材料工学は、求められる材料性能が規定されれば、それを実現する最も効果的な材料システムを最適な材料プロセスを、科学的原理に基づきかつ最も高い社会的価値尺度で実現する。そのためには、以下の材料工学のツールである以下の学術領域が不可欠となる。

(H) 材料解析・診断学は、材料システム及び材料プロセスを時間的空間的に解析する物理的、化学的な方法の学術体系である。

(I) 理論・計算材料学は、材料機能の発現機構解明と設計のための、理論と理論計算の方法とその利用技術に関する学術体系である。

(J) 材料ゲノム工学は、これまで蓄積されてきた膨大なデータを、理論やモデリング、或いはデータ解析手法を駆使することで、効率的かつ迅速に、合目的な材料設計や材料機能創製を果たすための方法とその利用技術に関する学術体系である。

「材料工学分野のビジョン」（概要図）は、現代社会が求める課題解決型の材料工学を確立のために、他学術分野と連携しつつ、あらゆる材料知を統合して、新しい知識体系を構築することにある。そのために考慮すべきキーワードを、材料工学の基礎、ツール、応用材料の3段階構造の周りに示している。これらの専門領域をあまねく発展させてこそ、この概要図の中心に書かれている段階（後述）を経て、到達目標に至る。

② 材料工学分野の夢ロードマップの考え方

材料工学では、様々な要求に応えるために様々なベクトルを向いて多様化せざるを得ない局面がある。これは材料工学の真髄の1つであるが、反面、焦点が十分絞られていない、複雑でわかりにくい等の印象を一般社会に与えてしまう場合がある。したがって、材料工学の専門家には一般社会から正当な理解と支援を得るための不断的努力が求められる。

また、貴重な知見が広範囲にかつ歴史的にも多く蓄積されてきたことが強みの源泉でもあるが、反面、次代の育成の場では、学ぶべきことが膨大過ぎる等の印象を与え、一定の障害となる場合もある。したがって、学ぶべき基礎素養をよく整理し、簡潔に体系化して、材料工学の魅力を次世代に伝える不断的努力も求められる。

また、社会の共通基盤的である材料工学は、常に従来のかたち内に安住せずに、あらゆる学術分野と連携し、自らの発展のために必要なものを取り込んでいかざるを得ない宿命にある。

したがって、専門知識を体系的に旺盛に蓄積する一方で、蓄積された知識を合目的に、また合理的に活用する新しい総合的解法手法の開発が課題打開の鍵となる。すべての専門領域で、ナノテクノロジー及び計算・データ処理技術の長足の進歩を大胆に組み入れて、相互利用のネットワーク化を構築すれば、その実現性が一層確実となる。すなわち、向こう30年以内に世界に先駆けて新しい総合的解法手法を開発することを材料工学分野のロードマップの大目標に設定する。

そのための進歩のステップは3つに分かれる

- (A) 材料創製と高機能化の実現のための共通課題に関する現象の解明
- (B) 材料創製と高機能化の総合的解法の確立
- (C) 総合的解法の普及による最適材料機能の提供

(A) の段階では、共通基礎課題を解決する全国ネットワーク共同利用形式による最先端解析ツール群について、それぞれコストパフォーマンスを最大化する視点を持って、総合的かつ体系的に整備する。同時に各専門領域では、既存の知見を含めてインフォマティクス手法による知見の体系化を進める。また、実験と計算シミュレーションを相互交流によって推進し、共に発展する研究スタイルを常態化する。新しい技術を担う人材、次代を担う人材の育成事業をこれらの事業と関連付ける。

(B) の段階では、創製と高性能化の関係を合理的に説明できるモデル・理論を確立する。実証においては、実験室規模での検証はもちろん、企業が保有する実生産設備での検証も不可欠となる。そのために、産業と学術の相互信頼感を持った密接な連携を促進する。(A) での知見の体系化はこの時期に国際規格、標準等としてその一部が結実される。また、(A) で育成された人材が第一線で活躍し始める。

(C) の段階では、我が国の材料工学のあり様が一変している。社会、産業が抱える重要課題が、学术界に真剣に持ち込まれ、お互いの高い信頼関係に裏付けられた協同が進む。産業においては、国内での事業展開とグローバルな事業展開の望ましいバランスが追及される際に、求められる性能を実現する総合解法がその有力な武器となる。さらに材料と生物科学の関係が新たに体系化され、材料リテラシー学が一段と高い地平で統合化される。

ア 材料リテラシー学の夢ロードマップ

材料に関する基礎科学は、従来の知的ストックに加えて、ナノテクノロジーの進歩等に伴い長足の進歩を遂げている。長足の進歩の一方で、高校までの物理学・化学等の履修状況とのギャップが広がりつつある。

そこで、社会受容性を前提に、先端的学術成果を社会に還元するためにも、知的到達点を良く整理することによって、一般市民を含めた初心者が、限られた時間内でその根幹を理解できるように継続的に再構築していく。また、材料の概念の広がりに応じて、特に材料生物学を新たな基礎としてしっかりと取り込んでいく。さらに、ジェンダーの克服に向けた取り組みを強化する。

イ 材料システム工学の夢ロードマップ

材料の機能を化学組成から解釈する捉え方に加えて、原子・分子等の配列の多次元多階層なシステム（マルチスケールシステム）と密接な関係になることが、特にナノテクノロジーの進歩に伴って理解が深まった。同時に、大きさ、形状も材料機能と密接に結び付いていることが強く認識されるようになった。

まずは、材料機能とマルチスケールシステムの対応関係を統一的に明らかにする。また、材料システムの時間変化と機能の時間変化の関係についても明確にする。それらを通じて、全く新しい材料システムが多様に追究される状況を速やかに実現する。

ウ 材料プロセス工学の夢ロードマップ

多様な材料を対象に、多様な加工法が開発されている。さらに、資源・エネルギーの最大限活用、環境負荷最小限化の視点から材料プロセスを再構築する取り組みも定着してきている。

引き続き多様なアプローチで、有効性の高い加工法を追究することを基盤とする。その上で、目的の製品を得る最適なプロセスを逆算によって絞り込む、もしくは新

しく追究できる手法を開発する。社会貢献・インパクトを強く認識するために、経済性指標等も取り込んでいく。

エ 社会インフラ材料学の夢ロードマップ

安全・安心、長寿命、低環境負荷な製品性能を実現する世界最高水準の材料機能とその利用技術を提供している。

引き続き、環境負荷を抜本的に低減する、より高機能な材料の創製に取り組む。さらに、使用中材料を延命するための補修・メンテナンス技術を速やかに革新する。

オ グリーン・エネルギー材料学の夢ロードマップ

多くの応用工学分野で世界最高水準の材料機能とその利用技術を提供している。

引き続き、より抜本的に高機能な材料の創製に取り組む。さらに、その高度利用技術の新規展開を速やかに進める。

カ 医療・バイオ材料学の夢ロードマップ

医療診断技術等世界最高水準の材料機能とその利用技術を提供している。生体機能代替のための材料の創製においても革新的な成果を生み出している。

引き続き、高齢化社会における QOL を抜本的に改善する、より高機能な材料の創製に取り組む。さらに、その高度利用技術の新規展開を速やかに進める。

キ デバイス材料学の夢ロードマップ

世界最高水準の材料機能とその利用技術を提供している。

引き続き、製造コスト面での国際競争力と市場シェアの確保に寄与する、抜本的に高機能な材料の創製に取り組む。さらに、その高度利用技術の新規展開を速やかに進める。

ク 材料解析・診断学の夢ロードマップ

ナノテクノロジーの進歩の直接的な成果が集中して現れている。特に、微小なスケールでの解析・診断に長足な進歩が加えられている。

今後は、空間的マルチスケールをすべて埋め尽くすと同時に時間的なマルチスケールを強力に埋めていく。特に、ハイスループットで広範な研究者が利用できるように整備し、空間的、時間的にマクロな現象を、よりミクロな観点で解析・診断する手法を速やかに開発する。

ケ 理論・計算材料学の夢ロードマップ

空間スケールの個々の階層における信頼性の高い計算ツールが揃いつつある。

今後は、空間マルチスケールを速やかに連結・統合し、効率的に成果を得る抜本的な手法を開発する。さらに時間スケールに対応する計算ツールを強力に開発する。

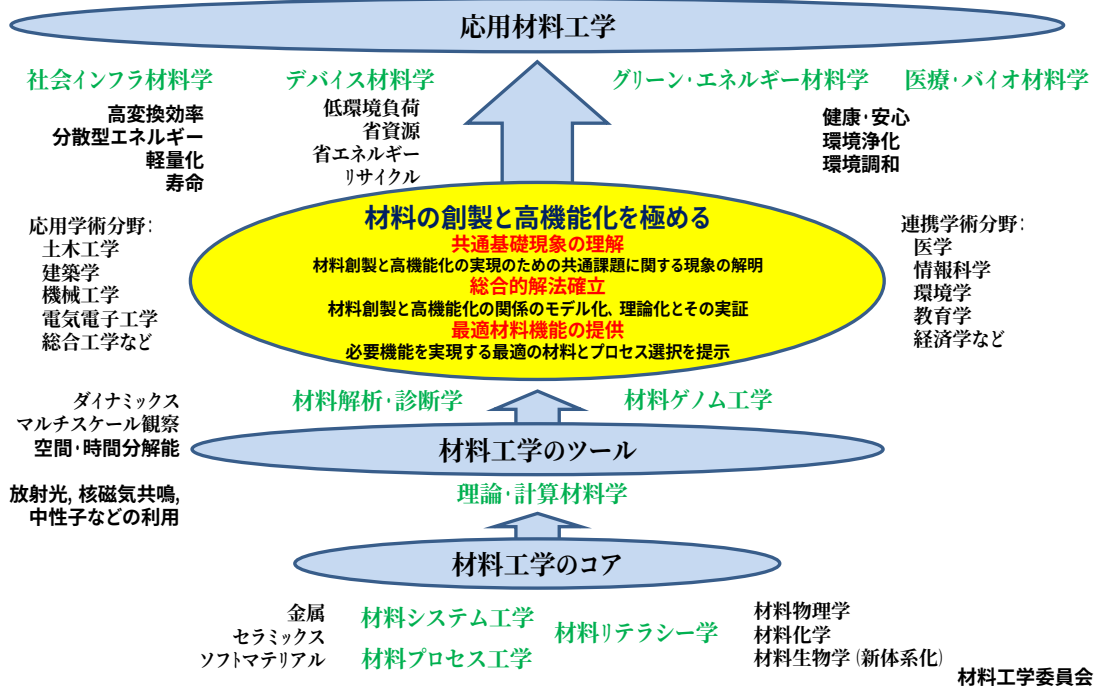
コ 材料ゲノム工学の夢ロードマップ

端緒的、部分的に系統性のある取り組みが生まれ始めている。

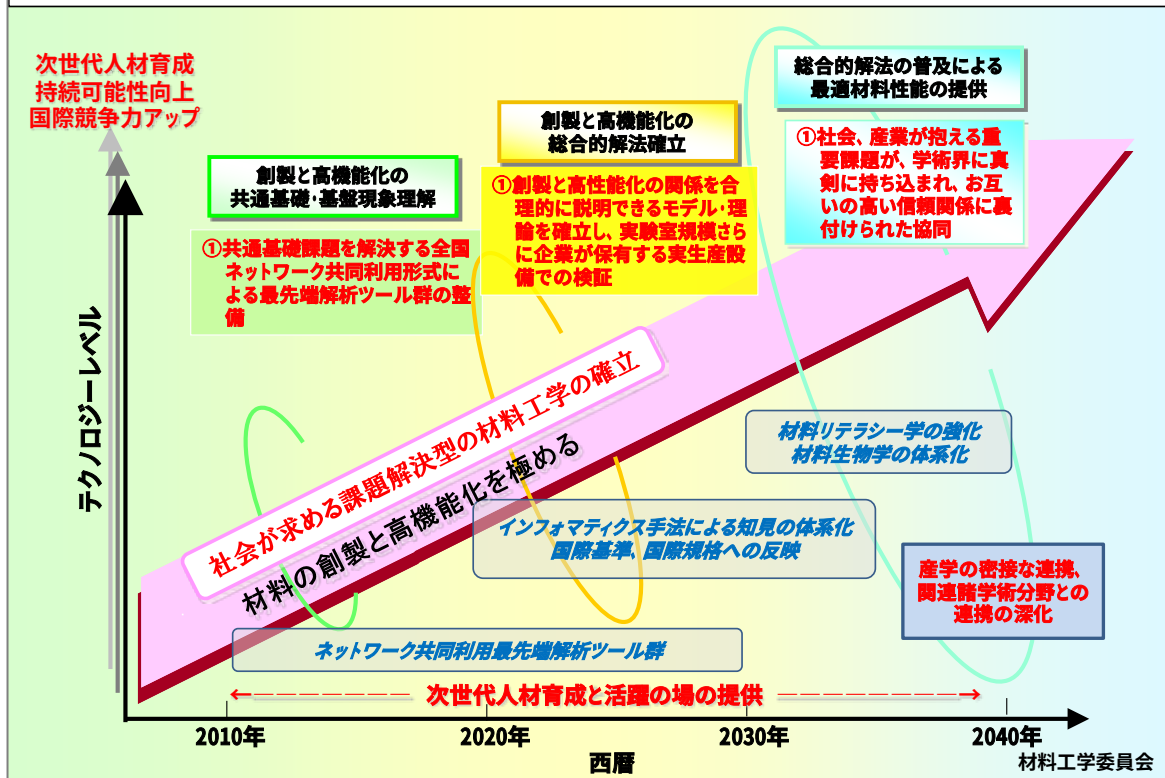
今後は、国際競争力の増進に寄与する、全国規模での協同作業手法を速やかに開発し、社会実装する。

11 材料工学分野のビジョン

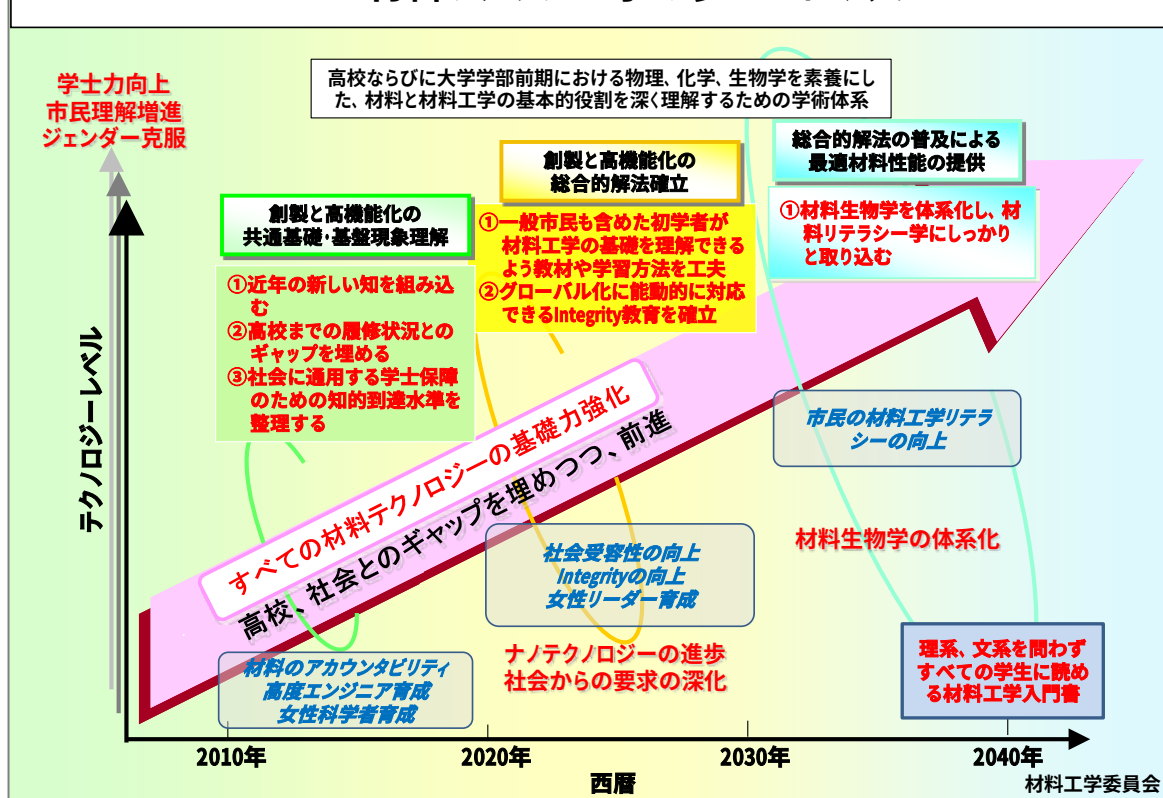
社会が求める課題解決のために、他学術分野と連携しつつ、多様性のあるアプローチを駆使し、あらゆる材料知（シーズ創出、セレンディピティなども含む）を統合して、新しい知識体系を構築する



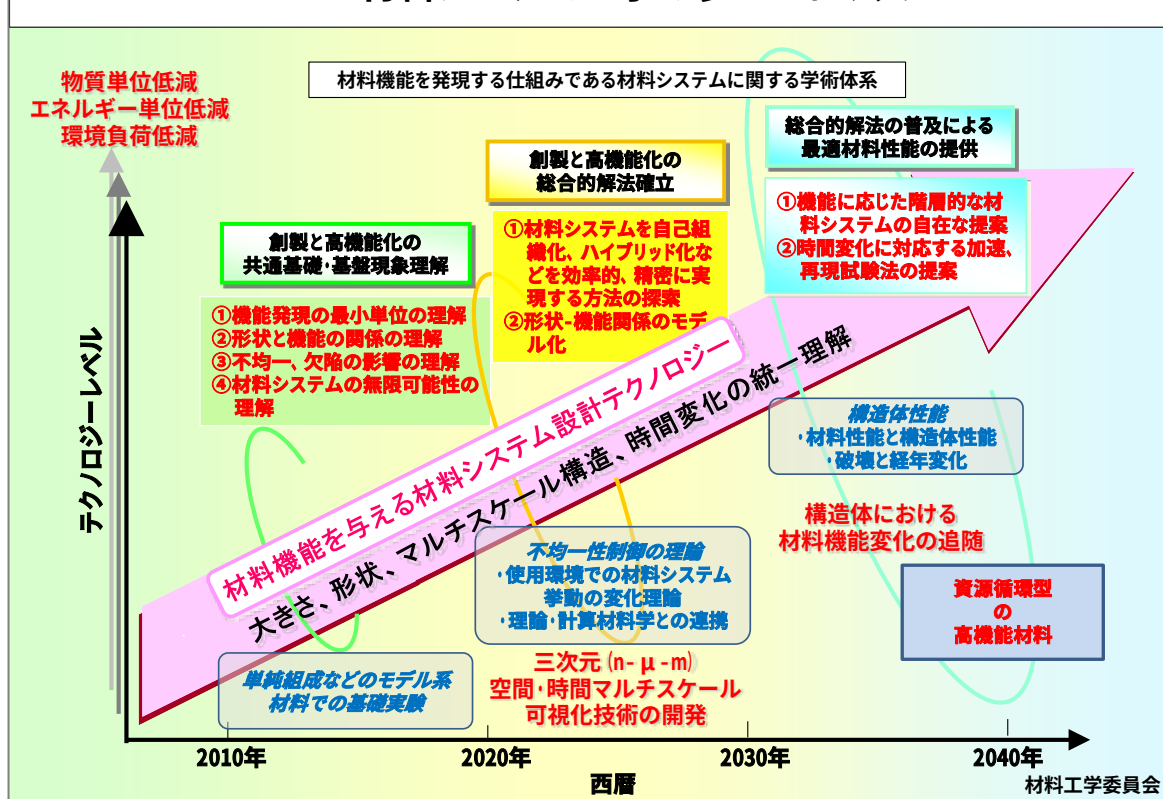
11-1 材料工学の夢ロードマップ



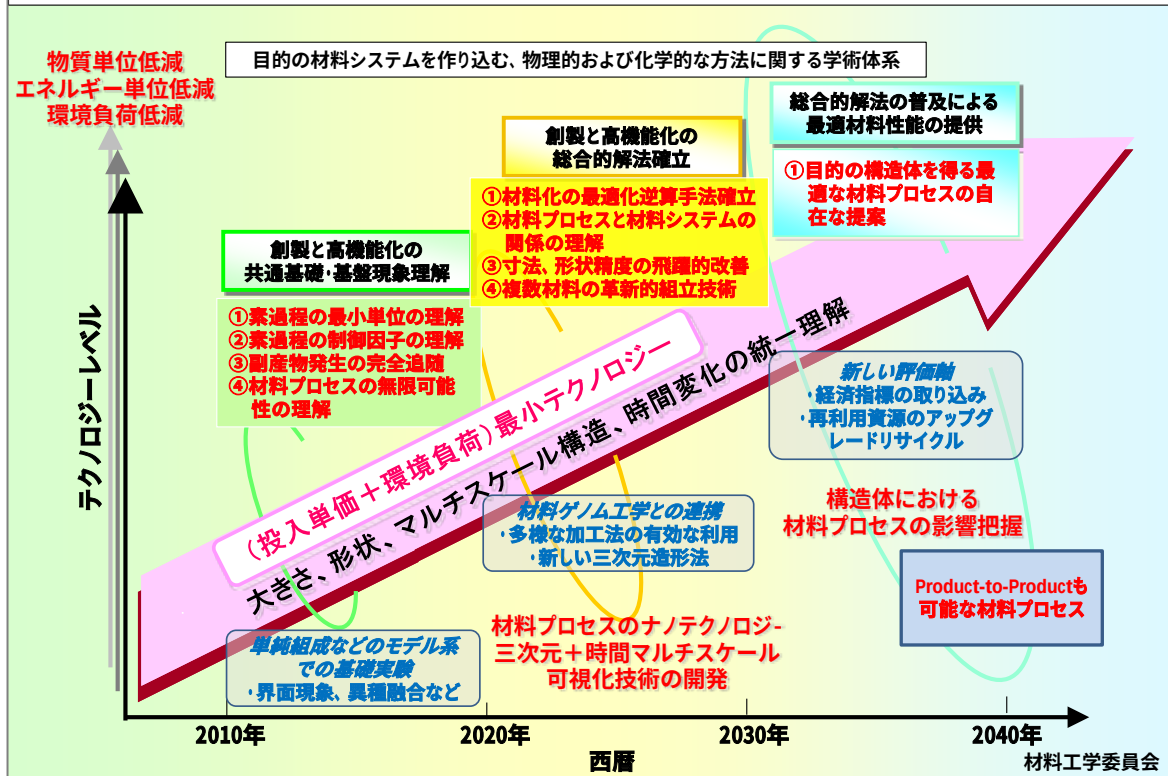
11-2 材料リテラシー学の夢ロードマップ



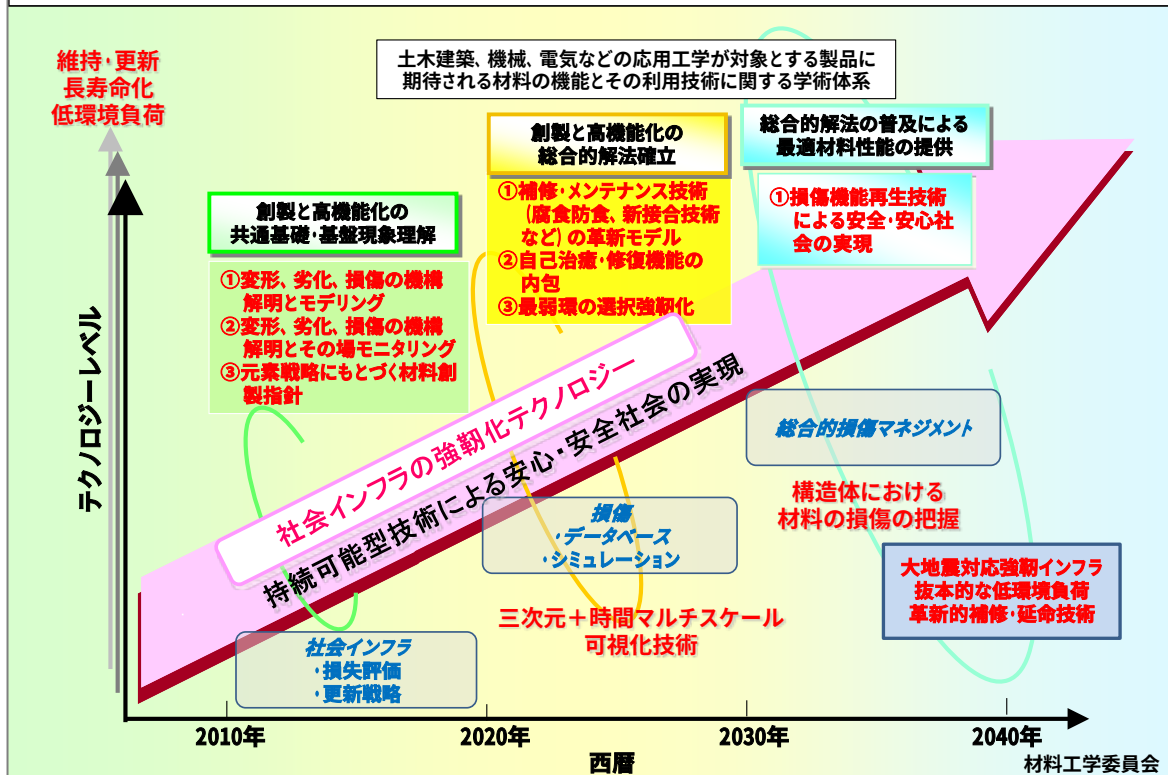
11-3 材料システム工学の夢ロードマップ



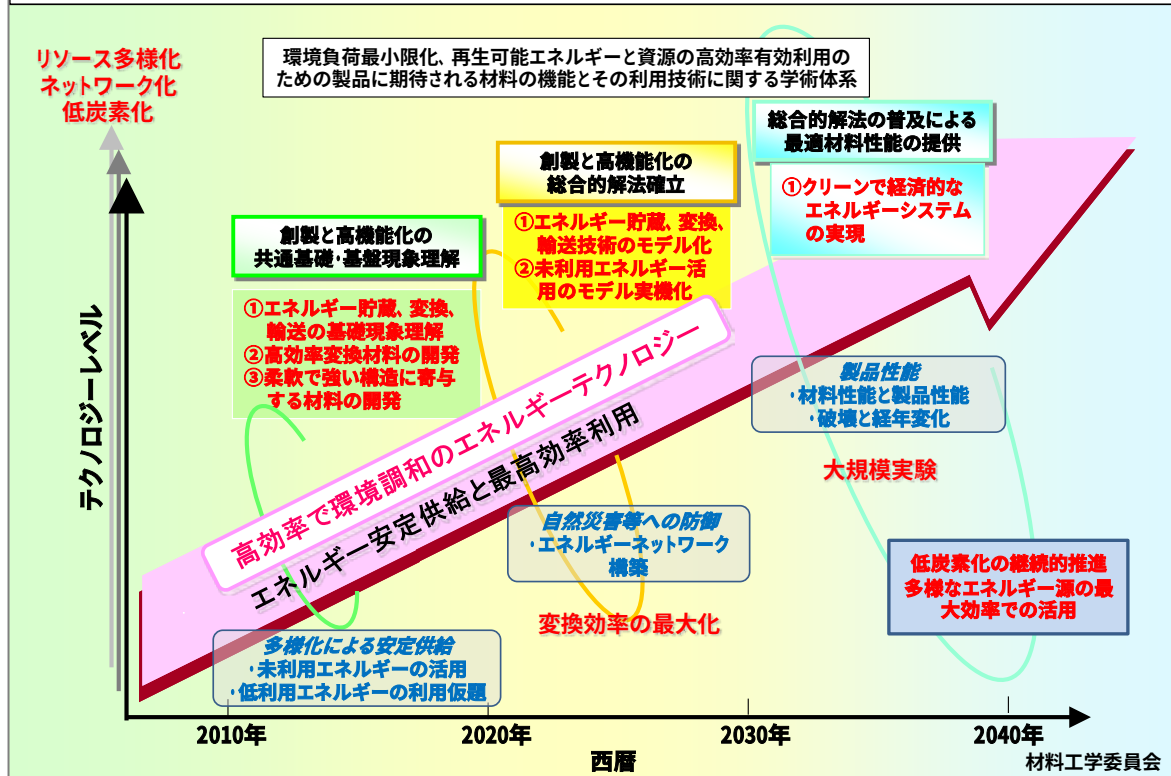
11-4 材料プロセス工学の夢ロードマップ



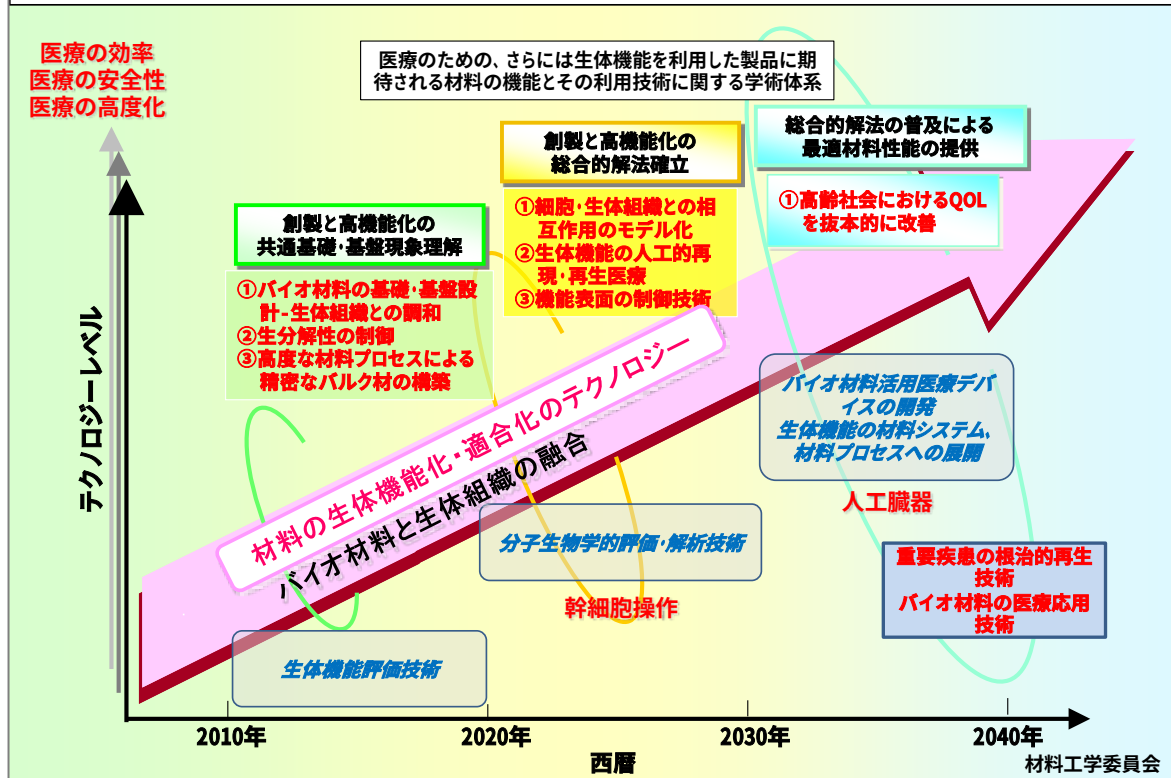
11-5 社会インフラ材料学の夢ロードマップ



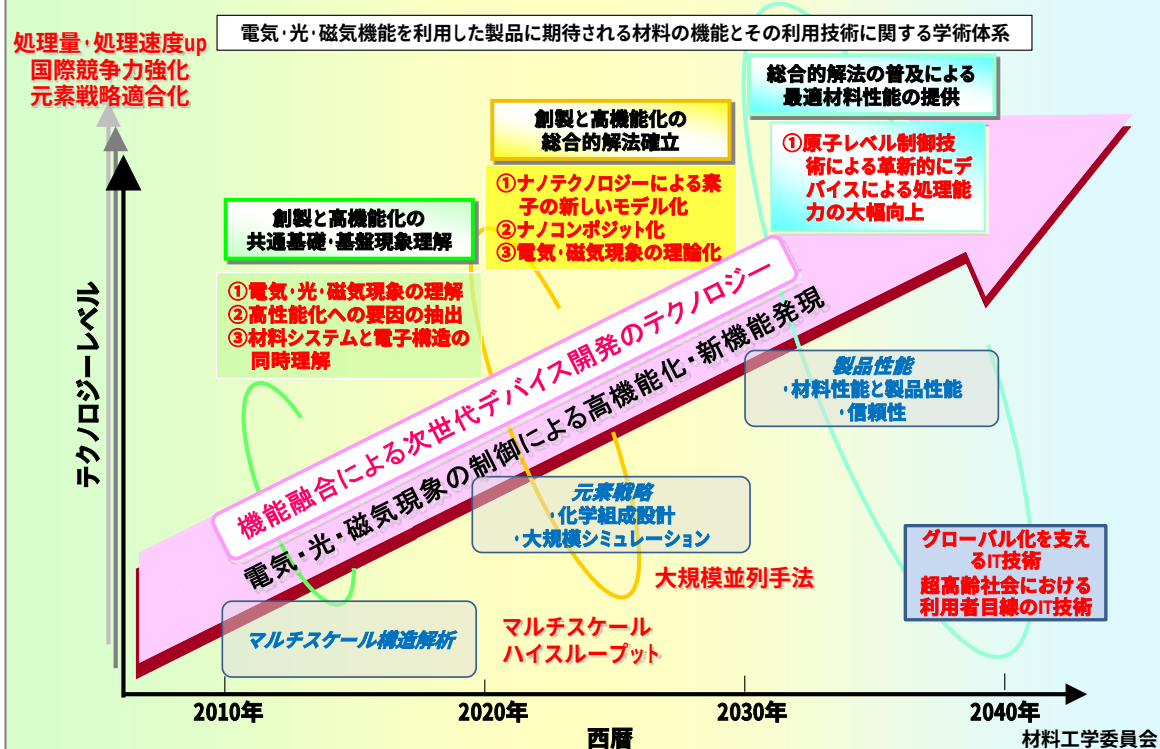
11-6 グリーン・エネルギー材料学の夢ロードマップ



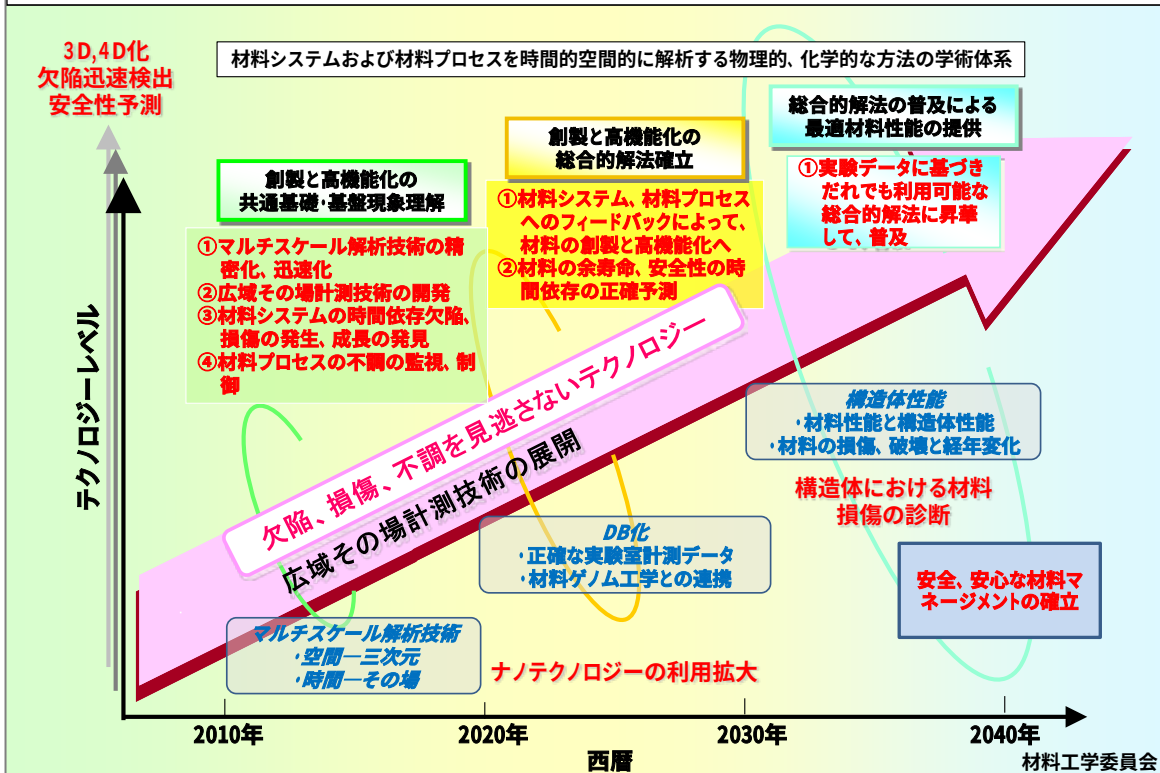
11-7 医療・バイオ材料学の夢ロードマップ



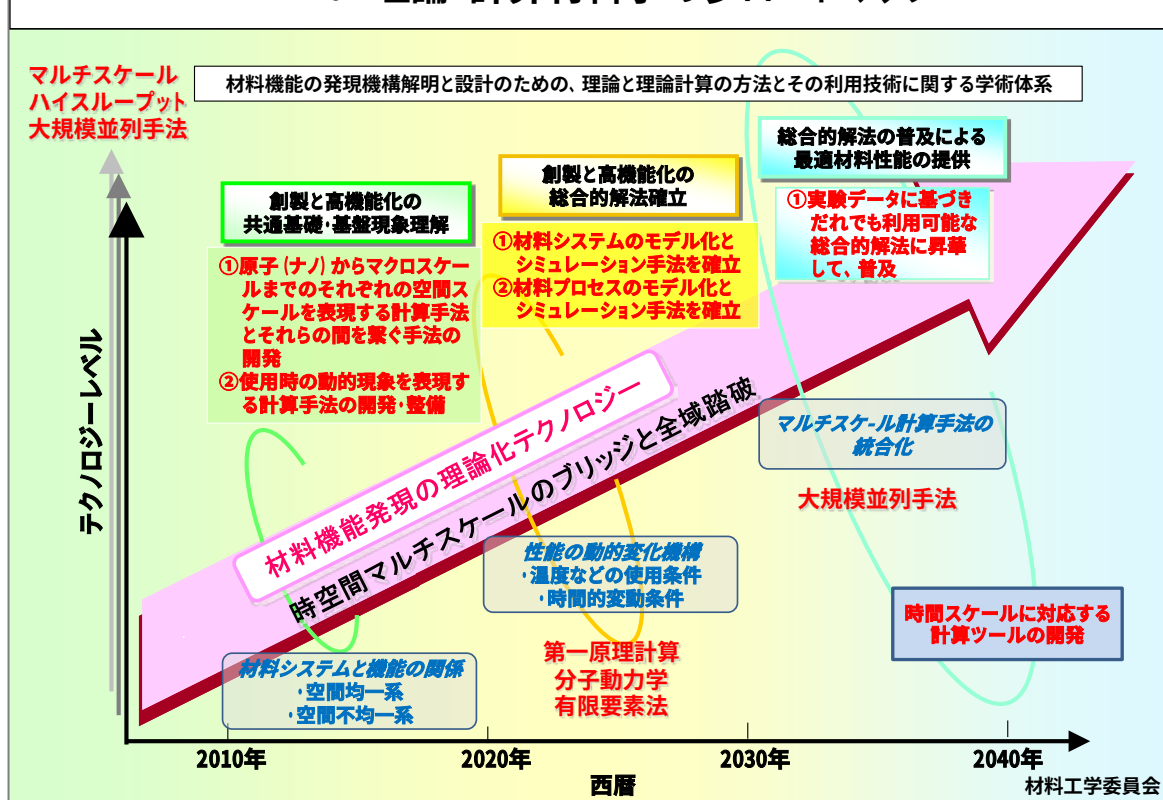
11-8 デバイス材料学の夢ロードマップ



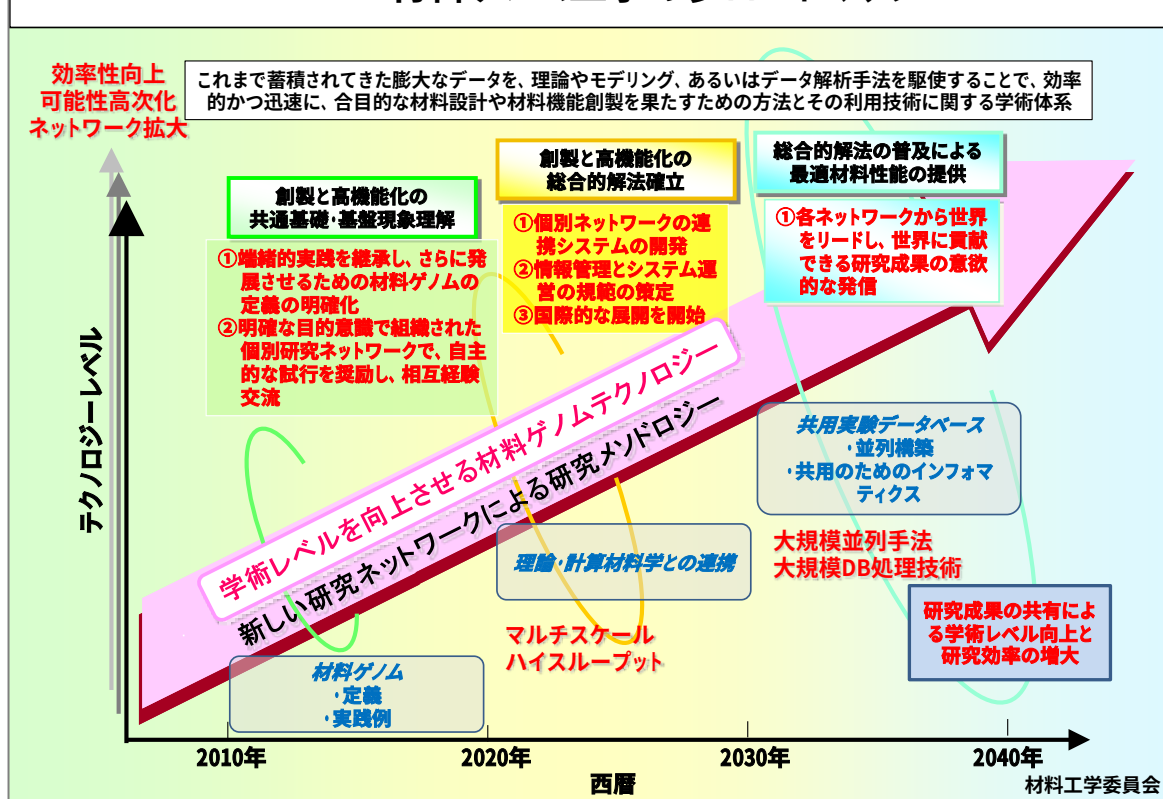
11-9 材料解析・診断学の夢ロードマップ



11-10 理論・計算材料学の夢ロードマップ



11-11 材料ゲノム工学の夢ロードマップ



4 おわりに

自然から学び自然の摂理を解き明かすために、或いは持続的文明社会の達成を可能にする新たなイノベーションの創成を目指して、科学者は様々な分野で日夜奮闘している。その科学者を代表する日本学術会議は、2011年に「理学・工学分野における科学・夢ロードマップ」を公表した。社会との関係を視野に入れつつ日本の科学・技術の将来像を科学者の立場から展望したもので、一般の人々にもわかりやすく示すことを旨とした。夢ロードマップと謳ってはいるが、決して科学者の「見果てぬ夢」ではなく、期待を込めつつも現実を見据えて科学・技術の到達目標を提示している。今回の報告はその改訂版で、理学・工学に属する11の分野別委員会がそれぞれの専門領域を担当し、さらに関連する学協会の協力を得て、内容をより充実させたものである。また、先の東日本大震災への科学者の対応が不十分であったとの反省に立ち、科学が社会に対していかなる貢献ができるか、また逆にどのような貢献が期待されているかという視点が加味されている。

学術研究においては、自然界の真理の探究を通して人類の文化的価値を生む「基礎研究」と、社会に役立つ新たな技術を創造すると共に人類が直面する諸課題を着実に解決する「応用研究」、その双方の均衡の取れた発展を目指すことが重要である。基礎研究と応用研究、さらに両者を連結する目的指向型研究または課題解決型研究の将来像全体を俯瞰することによって初めて、我が国の科学・技術の発展の道程を示すことができる。本報告ではこのような観点に立ち、理学・工学の幅広い専門領域及び融合領域から多数の科学者が参加して、ビジョンとロードマップの形でまとめている。現代社会の直面する諸問題に対して我々の科学・技術が力不足であることは否めないが、我々の生活が科学・技術の進歩によって支えられていることも事実である。科学が社会の発展に貢献し社会の将来を約束するためには、担い手となる科学者の高い見識と志、そして高い責任感と倫理観が必要であるとの自覚のもと、本報告を公表する。

<参考文献>

- [1] 日本学術会議第三部、報告「理学・工学分野における科学・夢ロードマップ」、2011年8月24日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-21-h132.html>
- [2] 日本学術会議 日本の展望委員会 理学・工学作業分科会、提言「日本の展望－理学・工学からの提言－」、2010年4月5日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-tsoukai-3.pdf>
- [3] 閣議決定、「科学技術基本計画」、2011年8月19日。
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/__icsFiles/afieldfile/2011/08/19/1293746_02.pdf
- [4] (株)KRI・横断型基幹科学技術研究団体連合、「学会横断型アカデミック・ロードマップ報告書」経済産業省平成19年度技術戦略マップローリング委託事業（アカデミック・ロードマップ作成支援事業）、2008年3月。
http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/19fy-pj/oudan.pdf
- [5] 横断型基幹科学技術研究団体連合、「分野横断型科学技術アカデミック・ロードマップ報告書」経済産業省平成20年度技術戦略マップローリング委託事業（分野横断型科学技術アカデミック・ロードマップ作成支援事業）、2009年3月。
http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/20fy-pj/oudan2.pdf
- [6] 文部科学省 HPCI 計画推進委員会 今後の HPCI 計画推進のあり方に関する検討ワーキンググループ、「今後の HPCI 計画推進の在り方について（中間報告）」、2013年6月。
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shinkou/028/gaiyou/__icsFiles/afieldfile/2013/07/10/1337595_1.pdf
- [7] 日本学術会議 総合工学・機械工学合同 計算科学シミュレーションと工学設計分科会、報告「ものづくり支援のための計算力学シミュレーションの品質保証に向けて」、2011年4月28日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-h123-2.pdf>
- [8] 日本学術会議 総合工学・機械工学合同 計算科学シミュレーションと工学設計分科会、報告「ものづくり分野におけるスーパーコンピューティングの推進」、2011年9月30日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-h135-2.pdf>
- [9] 日本学術会議 科学者コミュニティーと知の統合委員会、対外報告「提言：知の統合－社会のための科学に向けて－」、2007年3月22日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-20-t34-2.pdf>
- [10] 日本学術会議 機械工学委員会 機械工学分野の参照基準検討分科会、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機械工学分野」、2013 年 8 月 19 日.

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-h130819.pdf>

- [11] 日本学術会議 機械工学委員会 機械工学ディシプリン分科会、報告「人と社会を支える機械工学に向けて」、2009 年 6 月 25 日.

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-h79.pdf>

- [12] 日本学術会議 機械工学委員会 報告「機械工学分野の展望」、2010 年 4 月 5 日.

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-h-3-8.pdf>

- [13] 日本学術会議機械工学委員会 生産科学分科会、報告「21 世紀ものづくり科学のあり方について」、2008 年 9 月 18 日.

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-20-h64-2.pdf>

- [14] 日本機械学会、「大震災に学ぶ工学のあり方に関する提言」、2014 年 2 月 12 日.

<http://www.jsme.or.jp/teigen/teigk02.html>

- [15] 日本医療情報学会、「一般社団法人日本医療情報学会活動方針：医療情報学的課題と日本医療情報学会としての役割」、2014 年 6 月 5 日.

<http://jami.jp/about/policy.pdf>

<参考資料1>審議経過

平成 24 年

- 7 月 19 日 日本学術会議第三部会（第 3 回）
夢ロードマップについて
- 10 月 9 日 日本学術会議第三部会（第 4 回）
夢ロードマップについて

平成 25 年

- 4 月 3 日 日本学術会議第三部会（第 5 回）
夢ロードマップについて
- 8 月 1 日 日本学術会議第三部会（第 6 回）
夢ロードマップの準備状況報告
- 10 月 3 日 日本学術会議第三部会（第 7 回）
夢ロードマップの進め方について

平成 26 年

- 4 月 11 日 日本学術会議第三部会（第 8 回）
夢ロードマップの進め方と内容について
理学・工学分野における夢俯瞰マップ
- 7 月 11 日 日本学術会議第三部会（第 9 回）
報告「理学・工学分野における科学・夢ロードマップ 2014(夢ロードマップ 2014)」について
- 9 月 19 日 日本学術会議幹事会（第 201 回）
報告「理学・工学分野における科学・夢ロードマップ 2014(夢ロードマップ 2014)」を承認

＜参考資料２＞理学・工学分野における科学・夢俯瞰マップ（技術）

