

7. 総合工学分野

「総合工学」は、社会全体の横断的課題や科学技術全体に跨がる課題を解決するためにこれからもますます重要となる分野である。「総合工学」に含まれる各テーマに関する短中長期の方向性は下記のようにまとめられる。

7-1. 工学基礎

(1) 「知の統合」のための方法論の確立

知の統合を更に方法論的に展開し、知の統合のために必要な具体的な方法を「知の統合学」と位置づけ、「還元的な知の統合」や「生成的な知の統合」として例示されていた知の統合のためのアプローチ例を深化させる必要がある。すなわち、新しい発見や創造のための知の統合や、問題解決のための知の統合に必要な、具体的な方法論やツールを明らかにし体系化する。

(2) 工学設計の高度化、人間・社会の機能モデル化とシミュレーション

工学設計の高度化、更に社会のための科学を考える場合、社会を構成する人間・生態系・環境を、機能の面から捉え、モデル化し、シミュレーションを通して予測して、それに基づいて意志決定し行動することを可能とする人文・社会・自然科学を総合した科学技術が求められる。マルチスケールマルチフィジクス技術、次世代スーパーコンピューティング技術などのシミュレーション手法の高度化に加え、機能のモデル化や結果をリアリスティックかつインタラクティブに人間に提示し評価するバーチャルリアリティの手法もあわせ展開してゆく。

(3) 適応する人工物設計学の確立

従来の人工物の設計は、これまで、人間の適応能力に頼り、自然が備えた適応性ともいえる自然環境の自浄作用に依存してきた。それを、逆転して、人間が人工物に適応するのではなく人工物が人間に適応する、自然が備えた適応性に頼るのではなく人工物自身が自然環境に適応性を有する、そのような適応する人工物設計学を確立する。さらに、人間の能力や機能を最大限に生かすだけでなく、足りない機能を補い、あるいは人間の能力を拡張することを可能とする人工物設計学の構築を目指す。

7-2. 応用物理学

(1) 半導体エレクトロニクス

基本原理の応用に応用物理学が重要な役割を担うエレクトロニクス分野は、量子計算を含む情報処理・通信、エネルギー変換等を支える将来にわたり重要な学術領域である。今後、機能性誘電材料、高導電性材料の開発と微細加工技術の発展による高密度化・3次元化による性能向上の実現、ナノ電子機械技術(NEMS)との融合による高機能化、またナノ構造において発現する量子現象、電子相関、スピン現象を初めとする新たな物理原理を応用する新規エレクトロニクスの開拓、それを支える新材料、構造形成技術の開発が中核的課題となる。

(2) フォトニクス

光学および量子光学に立脚するフォトニクス分野は、情報処理・通信、エネルギー、ライフサイエンス各分野においてイノベーション創出が期待される重要な学術領域である。今後、量子ドット、フォトリソグラフィ結晶などのナノ構造やプラズモニクス等を用いた新デバイスの開拓、生体計測・医療応用を目的とした未開拓波長域フォトニクスの開発、光・量子相互作用制御技術や光の本質に基づく新物質科学技術の創出などが中核的課題となる。

(3) 材料・物性

デバイスやシステムにおけるイノベーションの源泉である材料・物性分野は、応用物理学の基盤技術として重要な学術領域である。今後、快適で安心・安全な社会実現に向けて、環境・エネルギー材料、及びデバイス創出に結びつく機能材料の実現が中核的課題となる。当面シリコン中心の半導体であるが、カーボンや新規化合物、さらにナノ構造が新たな物性・機能をもたらすと期待される。同時に、有機分子、超伝導、強相関、スピン材料の探索と、これらの材料・物性の融合も重要課題である。

(4) 放射線医療

3大疾患のうちのガン以外は生活習慣の制御で改善が見込まれるが、がんの治療で生活の質を高く維持できる放射線治療の開発が重要である。なかでも、がん細胞だけを殺すことのできる療法の開発が期待される。

7－3．エネルギーと資源

（１）持続可能なエネルギーシステムを実現する技術開発

地球温暖化問題や在来型石油資源の枯渇など、環境と資源の両面における地球規模の有限性の下で持続可能なエネルギーシステムの構築が求められている。各種再生可能エネルギーや安全性を高め安全性を確保した原子力など非化石エネルギー技術の開発によって低炭素化を進めるとともに、世界全体として化石資源利用の効率化・高度化を図りエネルギー供給力の持続性を高める。また、個々のエネルギー用途から都市構造やライフスタイルまで広範な社会システム全般を対象として徹底的な省エネルギーを追及する。

（２）処理困難資源の製錬とリサイクル技術の推進

循環型社会の構築は、希少な天然資源の消費の抑制と廃棄物管理・抑制の両面で有効な方法である。我が国は消費地に隣接した鉄鋼・非鉄製錬所を持つことを特徴として世界でも高度なリサイクル・廃棄物処理技術を有している。今後はこれら技術の移転もしくは処理困難物を引き受けることによって東アジアならびに世界の循環型社会の構築に貢献する。また、希少な天然資源はますます処理困難な鉱物に比重がかかるため、この製錬に関する研究も必須である。

（３）物質・エネルギーを統合した次世代産業基盤の創出

持続可能な産業・社会基盤の確立に向け、エネルギーと物質を統合して取り扱い、従来の生産・利用・廃棄というワンスルーの開放系システムに対して、再生を強化し生産に戻す各種プロセスの開発によって循環型産業システムの形成を推進する。物質の循環・再生に必要となるエネルギーの確保が重要であり、物質に体化されたエネルギー量の把握とエネルギーの質を考慮したエネルギー・物質統合フロー解析に基づいて、物質・エネルギー循環の理想的な姿を技術的な実現可能性を踏まえて描く。

7－4．フロンティア工学

（１）明確な国家的政策立案と施策の実施

フロンティア人工物科学技術が人類の持続性確保に貢献することを認識し、技術高度化・産業振興を図る施策を講じることが必要で、そのために、府省庁の立場を越えて長期的・俯瞰的な観点から高度な統括組織を作るべきである。またその研究遂行は国の関与なしには不可能で、国として創造的研究を実施し、新しいフロンティア人工物構築のインセンティブを高める必要がある。

（２）長期的研究体制と科学者コミュニティの構築

科学者コミュニティは多くの分野を含むが、フロンティア人工物コミュニティを形成し、情報の交換と活動方針の議論を行い、長期的な研究体制を構築する必要がある。また、国家基幹技術「海洋地球観測探査システム」においては、全日本的な永続的かつ学際的な研究組織の構築への検討を実施するべきである。

（３）技術の高度化と産業基盤の育成

フロンティア人工物科学技術推進のためにはこれまでの航空宇宙・船舶海洋を発展させた新しい産業基盤が必要であるという認識に立って、その産業経済効果を調査・計測し、革新的な産業とそれを支える人材の育成に努めることが必要である。

７－５．巨大複雑系社会経済システム

（１）システムの本質的かつ共通特性の理解

様々な巨大複雑系社会経済システムは、これまで個別独立したものとして理解され、それぞれの構想、設計、製作、運用・管理問題が扱われてきた。また、技術的、社会経済的課題の解決にあたっても個別独立に解決方法が模索されてきた。しかし、巨大複雑系社会経済システムとしての特性が見過ごされることにより、本質的な課題解決が困難であった。そこで、巨大複雑系社会経済システムとして捉え直し、その本質的共通特性を理解することが緊急かつ重要な課題である。

（２）システムの創成力強化

巨大複雑系社会経済システムの創成力としては、システムの構成要素を正確に分析し理解するための、いくつかの深い専門能力（アナリシス力）と同時に、

システム全体を俯瞰する力（俯瞰力）、その上でシンセシスや共創を実現するための力（シンセシス力や共創力）を必要とする。行政、科学者コミュニティ、大学、及び社会と産業界の各セクターが協調して、創成力を構成する要素のうち「俯瞰力、シンセシス力、共創力」の評価基準の開発を行い、併せて人材育成及び制度設計を行うことが、緊急かつ重要な課題である。

（３）システムの構想、創成、設計、製作、管理・運用

個々の巨大複雑系社会経済システムの表層の特性に惑わされることなく、巨大複雑系社会経済システムとしての本質的な特性を理解した上で、２１世紀社会の基盤となるシステムの構想、設計、製作、管理・運用を行うと同時に、新しいシステムを創成していくことが緊急かつ重要な課題である。そこでは、個々の要素技術の確立と同時に、これらのシステムのシステムコンセプト、システムアーキテクチャ、ビジネスモデル、デファクトスタンダード、サービスデザイン、リスク管理手法、成長するシステムなどの創成も理学・工学、特に総合工学の重要な課題となる。

７－６．安全・安心・リスク

（１）安全理念の構築

安全技術はそれぞれの分野の知見と経験に深く根ざした個別的技術として発展し、他の分野からはなかなか窺い知れないところもある。それぞれの領域で努力され、実現されてきた各分野の安全の技術や安全の考え方を、整理し構造化することで安全の知識の構造をよりいっそう明確にし、共通する考え方を一般化、原則化することで他の分野の安全技術にも応用可能な道が開ける。これを目標とした「安全の理念」さらにはより広い「安全の学問」を構築していくことが重要である。

（２）安全目標の設定

危険が顕在化する可能性を十分小さく抑制するため、各分野では合理的に考え実行可能な限りの安全確保活動を実施してきているが、国民が真に安心して生活するためには公衆のリスクを尺度とする「安全目標」について検討し、整合性のとれた数値的基準を提案することが重要である。また、この基準について

社会的コンセンサスを得る有効な仕組みについて検討し、国民が信頼しあえる安全・安心な社会の実現に努力すべきである。

（３）ヒューマンエラー軽減のためのシステム開発

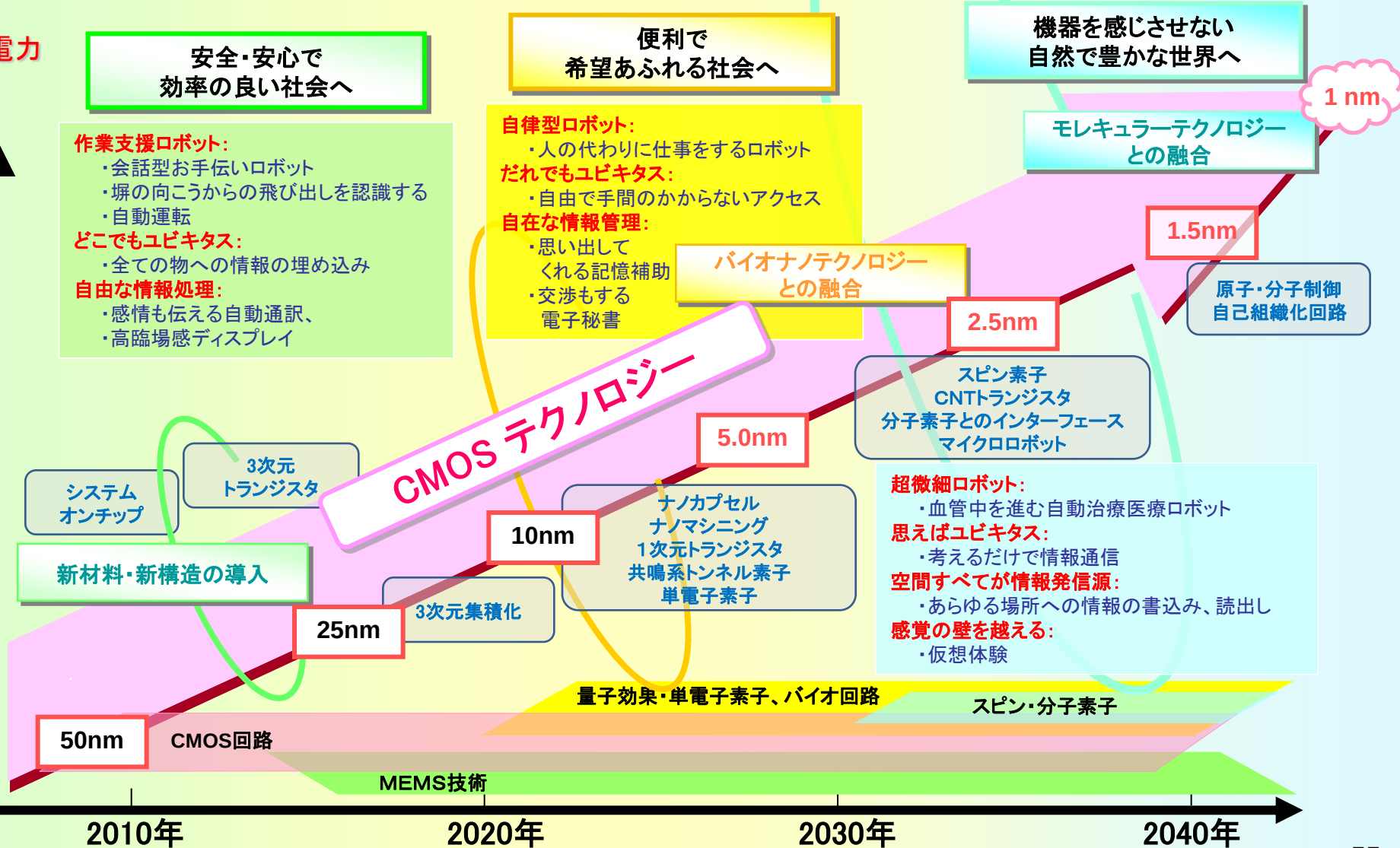
取り組むべきより具体的な技術課題としては、現に発生している事故の軽減を目標とした技術開発「統合センシングによるヒューマンエラーと安全・安心・リスクの科学的解明」を提案する。事故原因の多くはヒューマンエラーに起因していることから、ドライブレコーダ、VDR等のセンシング技術、データ収集装置により陸海空の交通事故・インシデントの実態解明、脳科学等の基礎科学による事故時の人間行動の解明を行う。その知見を、最新の情報工学、制御工学、ロボット工学を応用した事故対策技術の確立へと活かし、事故を軽減させる。従来からの「事故調査の在り方」の検討も、本技術的な課題と相まって事故軽減へ寄与する重要な課題である。

7 a . 応用物理

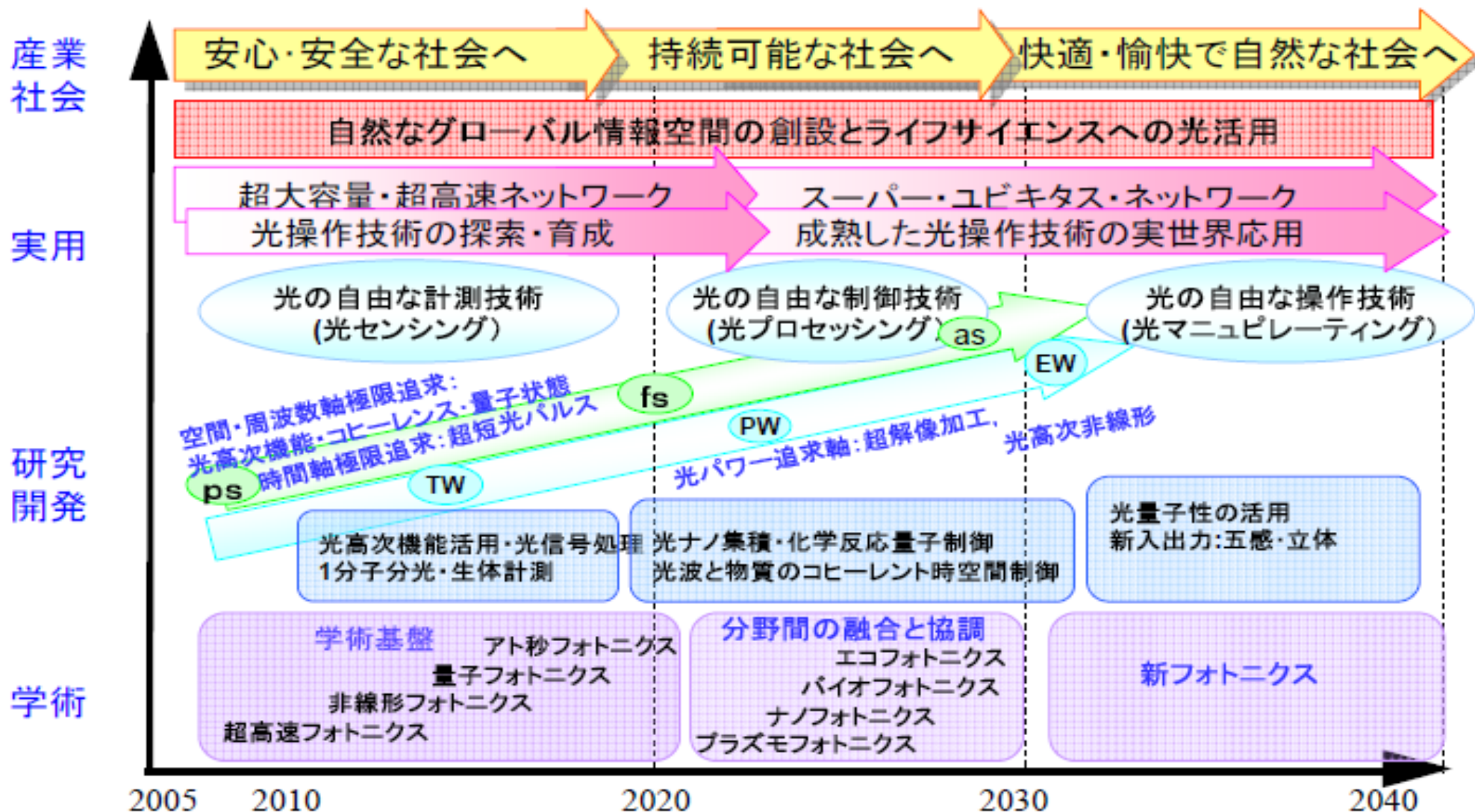
7-1-1. 総合工学・応用物理学の科学・夢ロードマップ
 ～究極の集積化テクノロジーが切り拓くナノメートル世界～
 — Siテクノロジーロードマップ — (応用物理学会)

微細化
高性能
低消費電力

デバイスサイズ

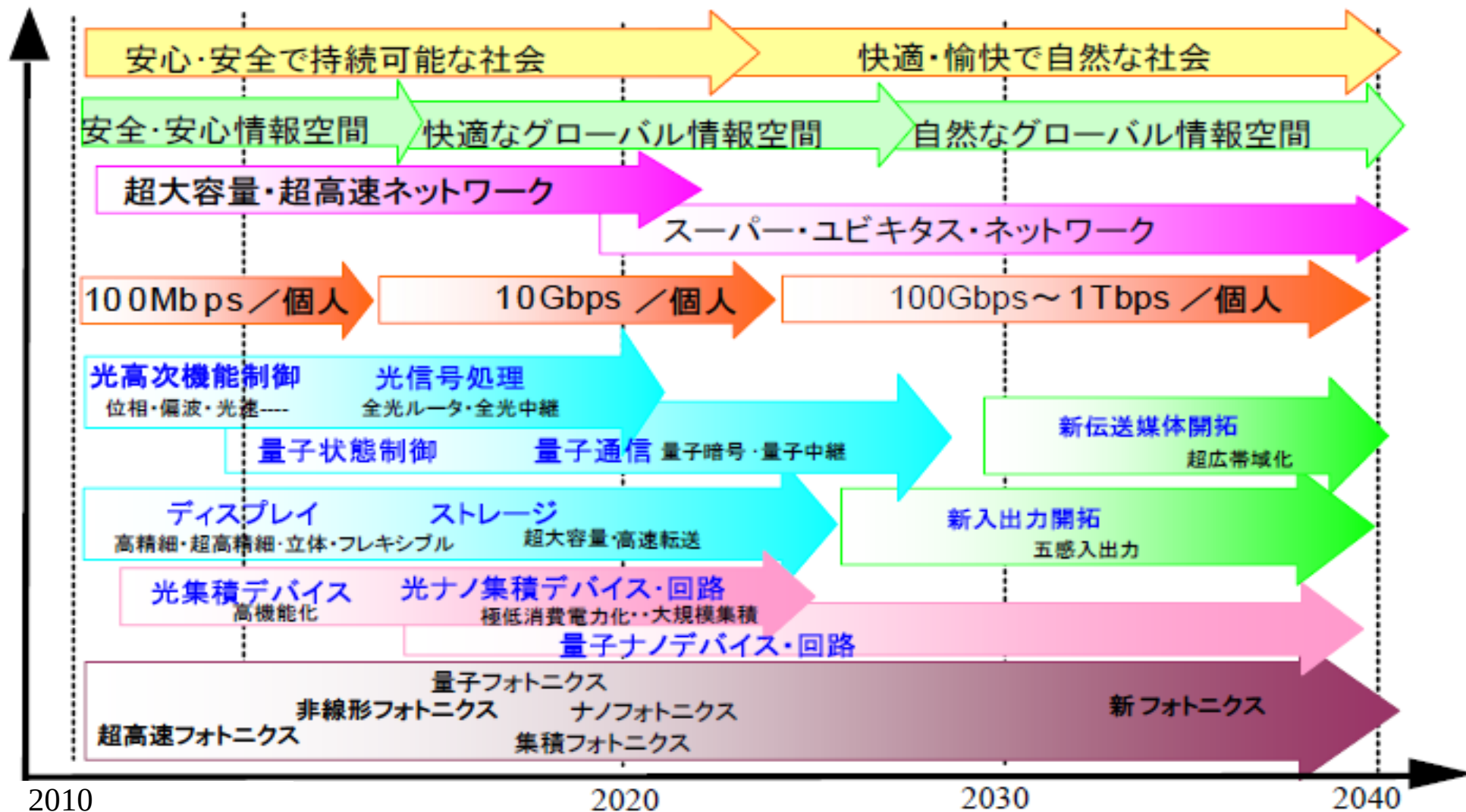


7-1-2. 総合工学・応用物理学の科学・夢ロードマップ
 ~フォトニクス:その展開と社会への貢献 ①~ (日本光学会、フォトニックICT研究会)

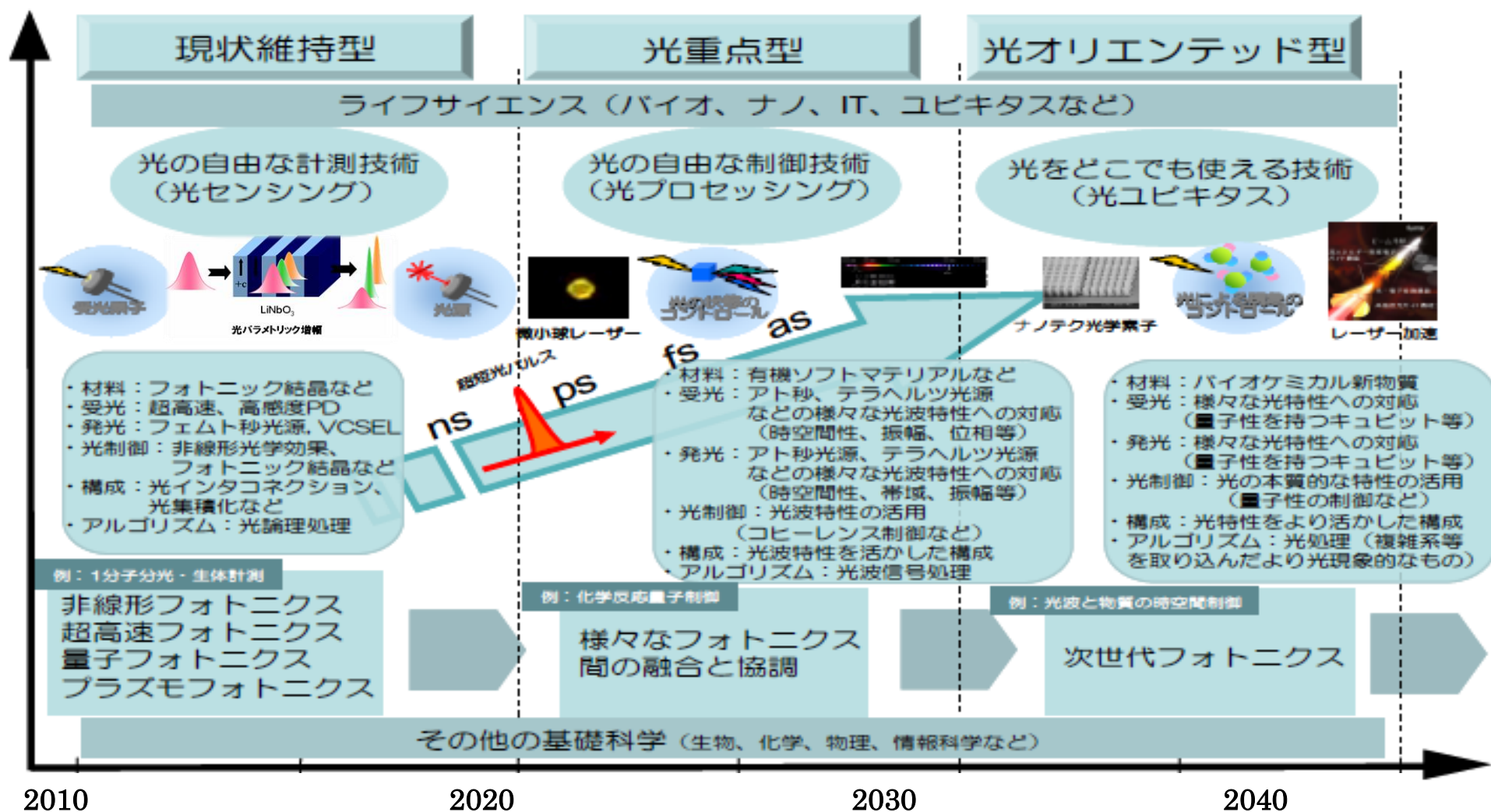


7-1-3. 総合工学・応用物理学の科学・夢ロードマップ
 ~フォトニクス:その展開と社会への貢献 ②~ (日本光学会、フォトニックICT研究会)

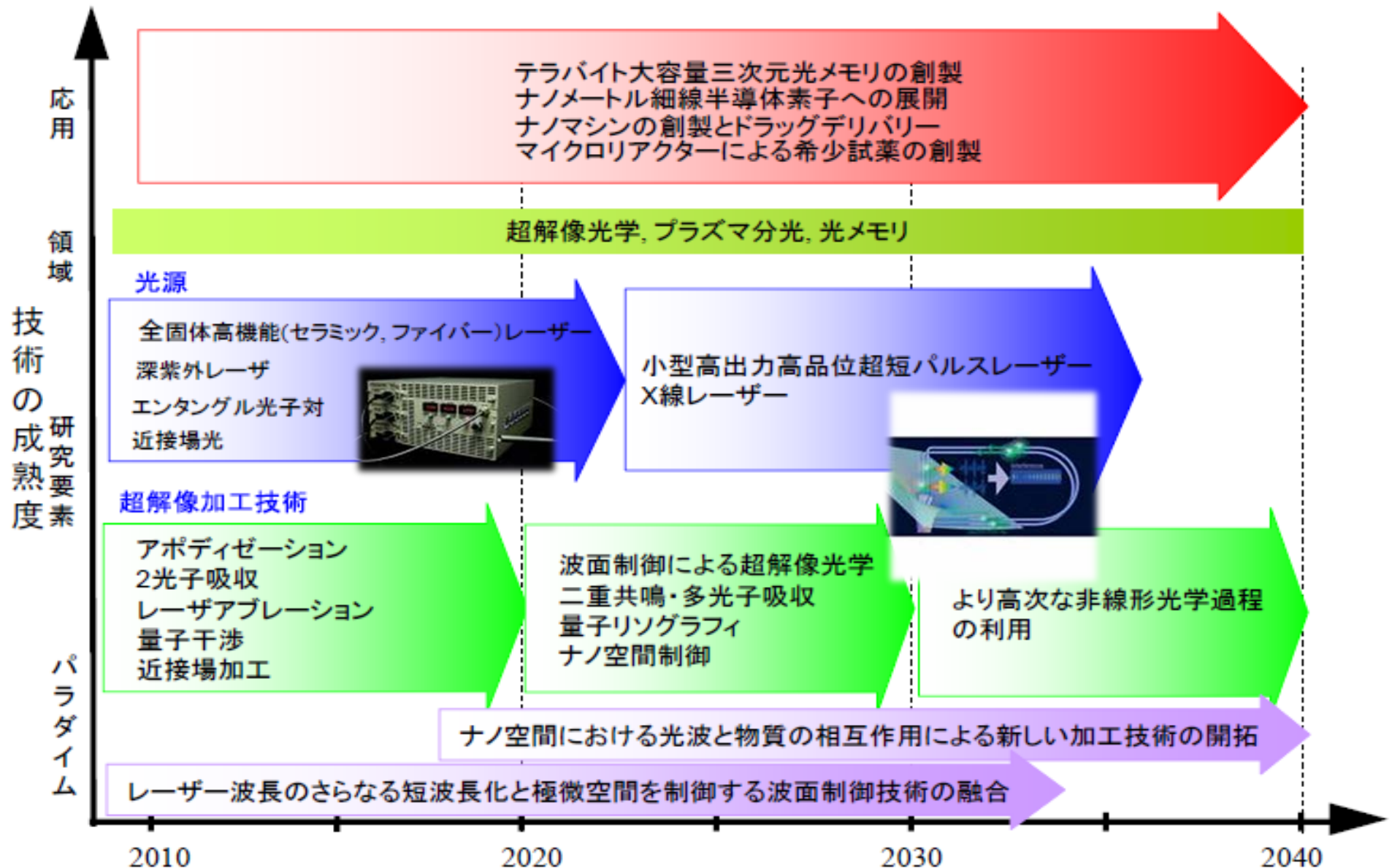
ICTが拓く自然なグローバル情報空間



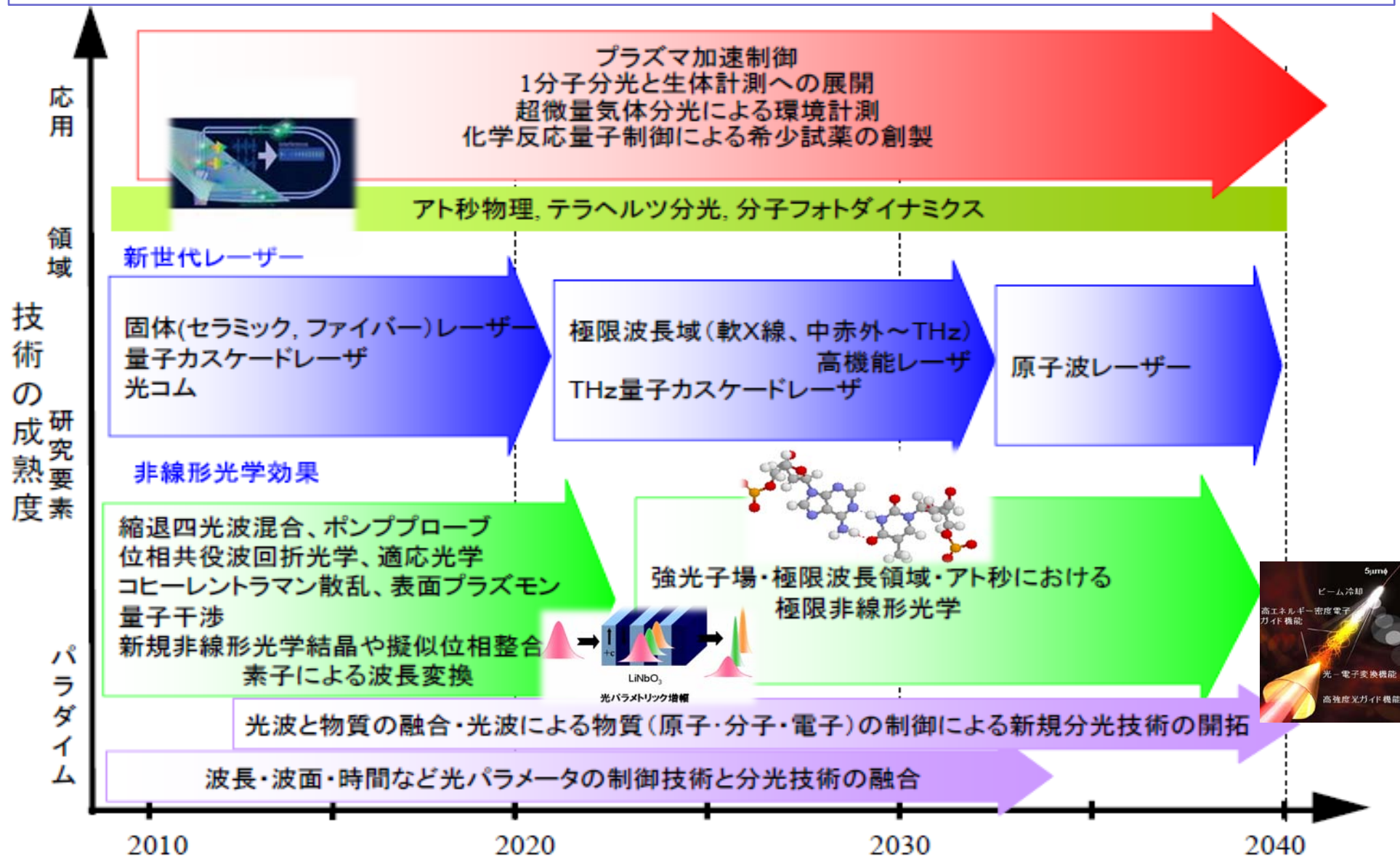
7-1-4. 総合工学・応用物理学の科学・夢ロードマップ
 ～フォトニクス:先端光技術が拓く魅力的な新しい世界～ (日本光学会、フォトニックICT研究会)



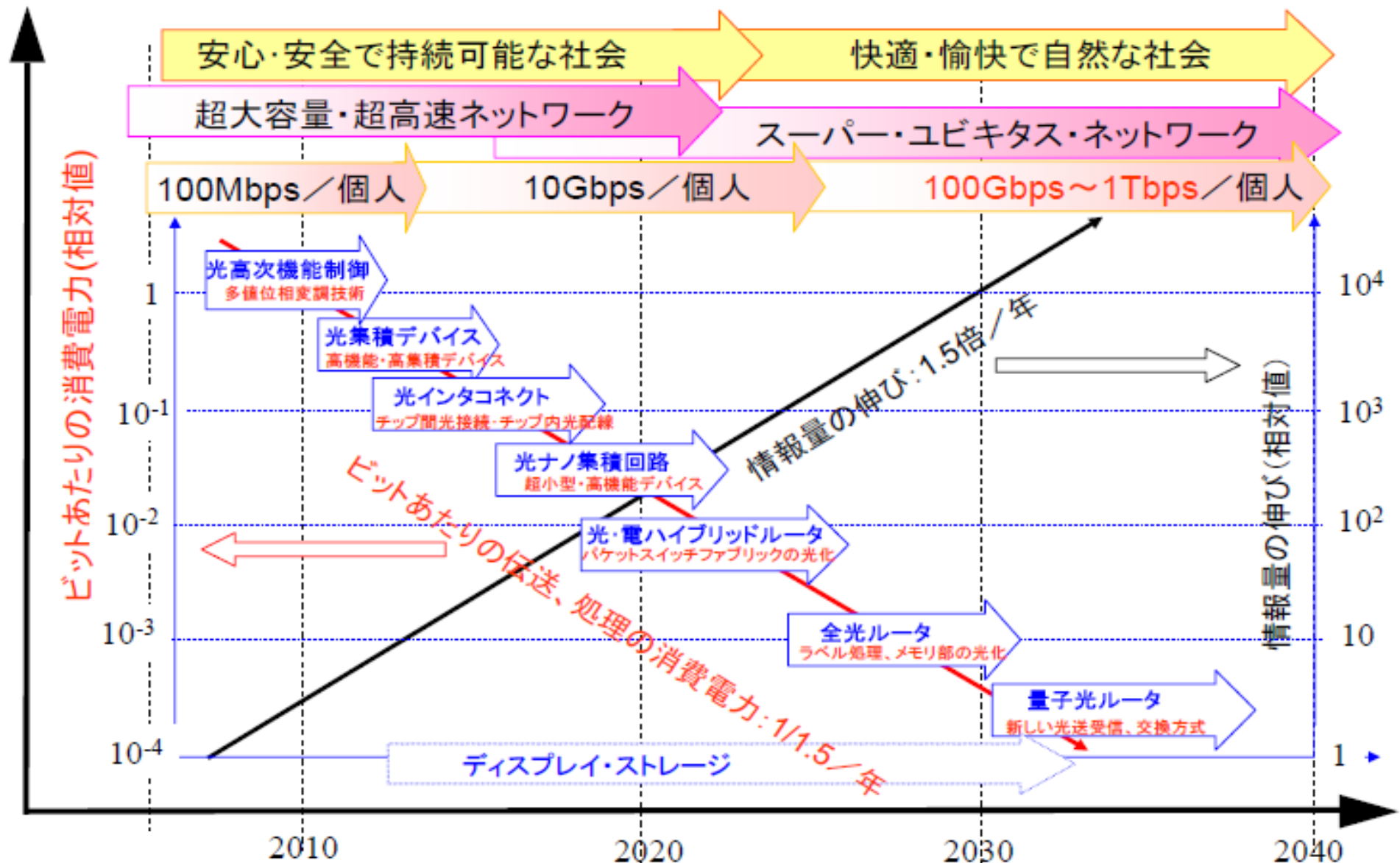
7-1-5. 総合工学・応用物理学の科学・夢ロードマップ
 ～フォトニクス:レーザー加工～ (日本光学会、フォトニックICT研究会)



7-1-6. 総合工学・応用物理学の科学・夢ロードマップ
 ～フォトニクス:分光計測～ (日本光学会、フォトニックICT研究会)



7-1-7. 総合工学・応用物理学の科学・夢ロードマップ
 ～情報量増大へのフォトリクスの対応～（日本光学会、フォトニックICT研究会）



7-1-8. 総合工学・応用物理学の科学・夢ロードマップ ～環境にやさしいフォトニクス～（日本光学会、フォトリックICT研究会）

