

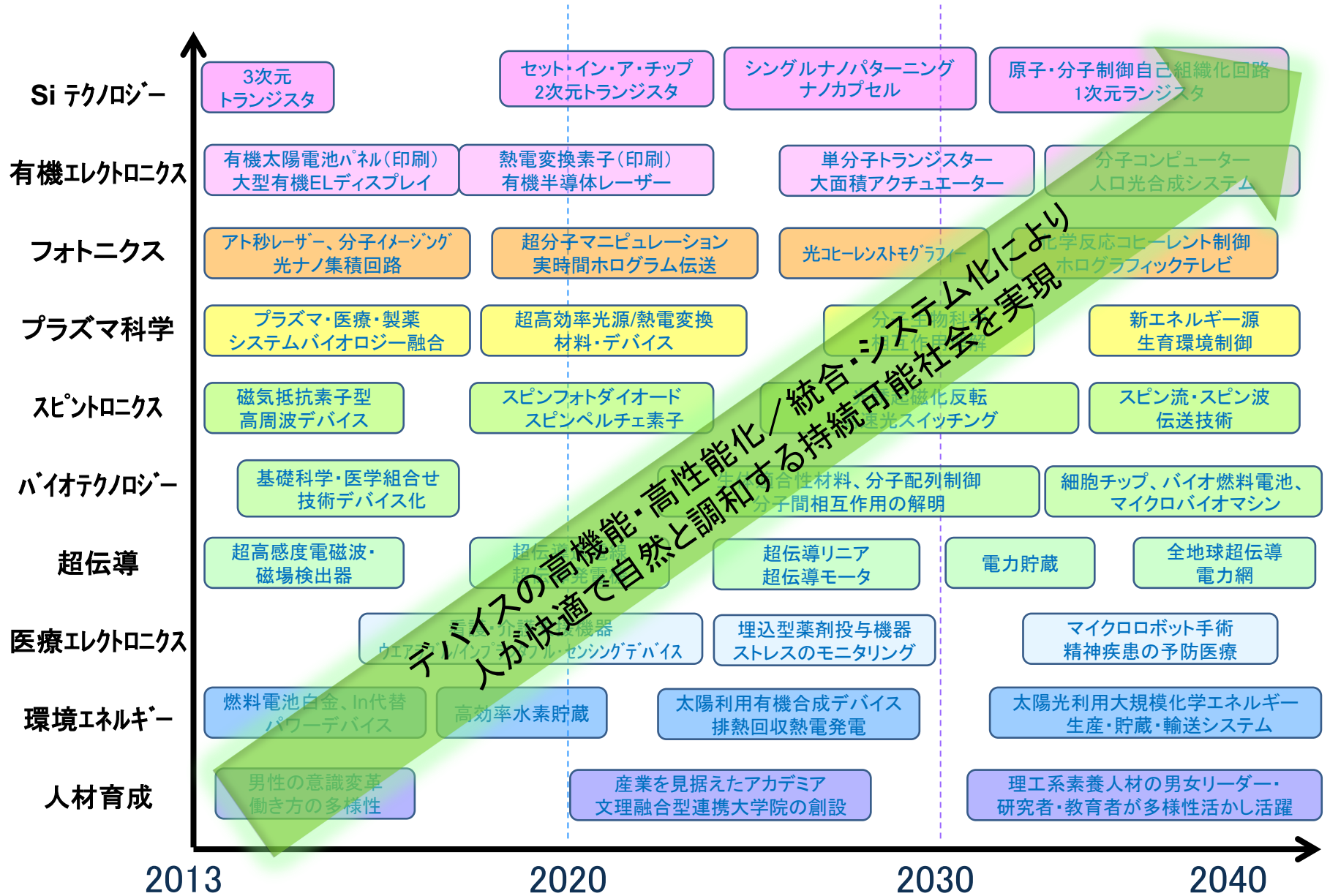
日本学術会議 第三部 科学・夢ロードマップ

総合工学分野

平成26年9月19日 日本学術会議第3部
「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)」

1. 应用物理学

(O) 応用物理学の科学・夢ロードマップ



デバイスの高機能・高性能化/統合・システム化により、人と自然が快適に調和する持続可能社会を実現

(1)応用物理学

究極の集積化技術が切り拓く多機能・高性能ナノデバイスの世界

～1. シリコンテクノロジーロードマップ～

小型化・低コスト化
低消費電力化
多機能化
高速化

集積度

安全・安心な
高信頼社会へ

- 活動支援ロボット:**
- ・5感を持つロボット
 - ・介護支援、自動運転カー
- どこでも・だれでもつながる:**
- ・全ての物への情報の埋め込み
 - ・自由で手間のかからないアクセス
- 自由な情報処理:**
- ・感情も伝える自動通訳
 - ・高臨場感
 - ・ヒューマンインターフェース
- 健康・長寿命・高信頼社会:**
- ・高齢・少子化対応健康サポート
 - ・スマートヘルスケア
 - ・セキュア・システム

新材料・新構造の導入

持続的で
希望あふれる社会へ

- 自律型ロボット:**
- ・人の代わりに仕事をするロボット
- 思えばつながる:**
- ・考えるだけで情報通信
- 自在な情報管理:**
- ・思い出してくれる記憶補助
 - ・交渉もする電子秘書
 - ・しみわたる感動
- 省エネルギー:**
- ・充電・給電レス自立システム

バイオナノテクノロジーとの融合

自然と調和する
豊かな世界へ

- 超微細ロボット:**
- ・血管中を進む自動治療医療ロボット
- 自然につながる:**
- ・情報のゆりかご
- 自然な情報利用:**
- ・あらゆる場所での情報のやりとり
 - ・人の5感能力を超える安らかな感動
- 創エネルギー:**
- ・電力供給型端末システム

モレキュラーテクノロジーとの融合

1 nm

Si CMOSプラットフォーム

32nm

22nm

RF・センサー・MEMSの融合

3次元トランジスタ

16nm

エネルギーハーベスター/ストレージ

2.5/3D集積化

11nm

セット・イン・ア・チップ

8nm

スピン素子
シングルナノパターンング
ナノカプセル
ナノマシンング
共鳴系トンネル素子

5.0nm

スピンの、バイオ技術
MEMS, センサー、ナノマテリアル、計算技術

CMOS回路基盤技術

2.5nm

1次元トランジスタ
単電子素子
分子素子とのインターフェース
マイクロロボット

1.5nm

原子・分子制御
自己組織化回路

2013年

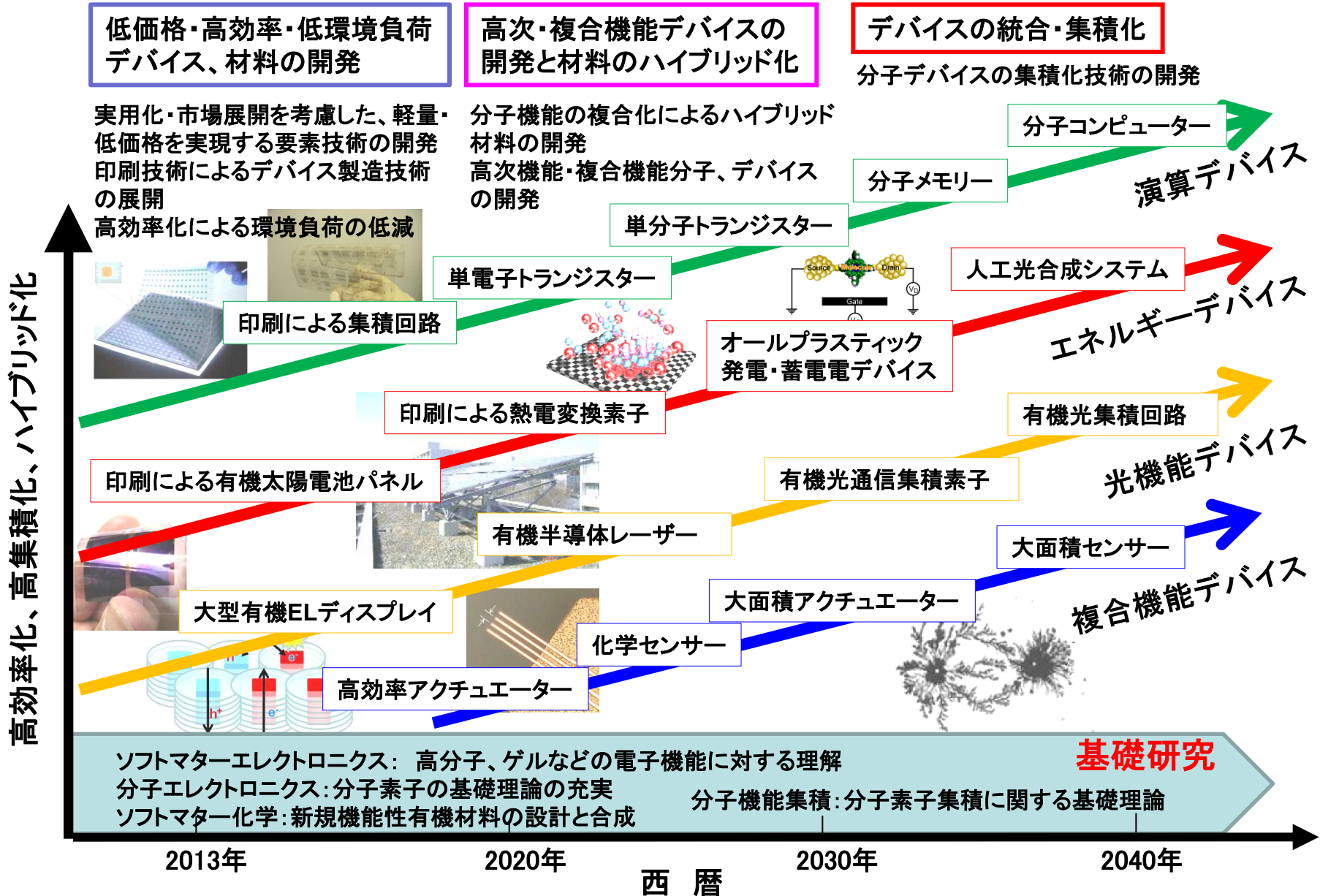
2020年

西暦

2030年

2040年

(2) 応用物理学 有機エレクトロニクス～



(3)-1 応用物理学 フォトニクスが拓く未来社会(光・量子エレクトロニクス編)



2013

2020

2040

2050

(3)-2. 応用物理学 フォトニクスが拓く未来社会(通信編)

安心・安全な社会へ

持続可能な社会へ

快適・愉快で自然な社会へ

ストレスフリーグローバル情報空間の創設とライフサイエンスへの光活用

超大容量・超高速光ネットワーク

光ネットワーク仮想化

フォトン操作技術の探索・育成

成熟したフォトン操作技術の実世界応用

伝送容量
伝送距離
ノード数 etc

テクノロジーレベル

エクサビット伝送(10Gbps/人)の時代
個別素子の性能向上と集積の黎明

低消費電力光源
高受信感度受光器
高効率変調器
光ナノ集積回路
量子状態制御
ゼロNF光増幅器(PSA)

Siフォトニクスの進展
多重数・集積度の向上
高次機能制御
光電融合ルータ
装置間・装置内への
光技術の浸潤

100Gbps/人の時代
更なる集積度・機能の向上

極低損失導波路・中空ファイバ
高精度導波路加工
光電子融合集積回路
フォトニック結晶の展開
量子ナノ集積デバイス
3次元光配線

全光信号処理
高次非線形性
全光ルータ
量子光ルータ
量子中継
量子暗号

ゼータビット伝送
(1Tbps/人)の時代
新規原理・材料の導入

有機材料
プラズモニクス
新伝送媒体
新入出力IF
高効率材料

複数機能を多重化する光ファイバ
低消費電力送受信器
高密度光集積回路
無温調光増幅器

学術基盤

アト秒フォトニクス
量子フォトニクス
非線形フォトニクス
超高速フォトニクス

分野間の融合と協調

エコフォトニクス
バイオフィトニクス
ナノフォトニクス
プラズモフォトニクス

新フォトニクス

2013年

2020年

2030年

2040年

(4) 応用物理学 ~プラズマ科学~

ナノ加工のための
プラズマ技術

原子・分子レベル
の制御技術

無機、有機、バイオとその複合材料
1原子・1分子プラズマ反応制御



2013年

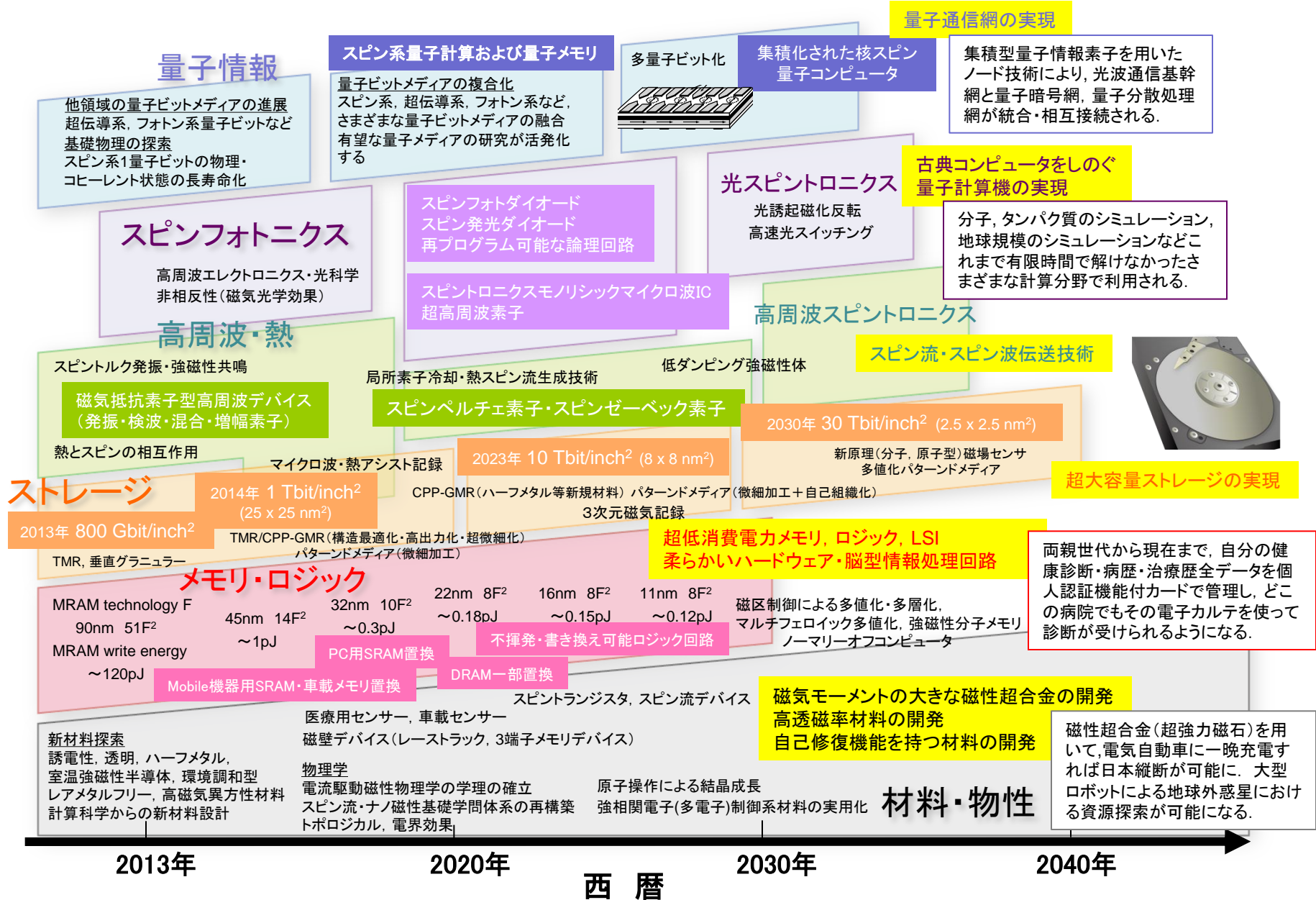
2020年

西 暦

2030年

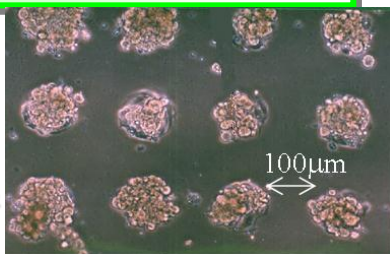
2040年

(5) 応用物理学 スピントロニクス



(6) 応用物理学 バイオテクノロジー ～健康と活力を保って長生きする～

デバイス例



細胞スフェロイドチップデバイス

システム・組み合わせ

先端科学の融合
 個の医療・DNA個別治療
 再生医療
 ビッグデータを用いる診断予防技術
 光合成を模倣した光エネルギー変換技術
 CO₂固定化

到達目標

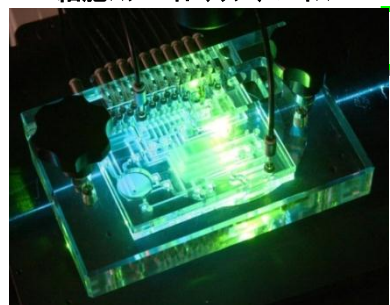
不老長寿
 持続可能社会
 食料・エネルギー問題解決
 病気根絶、大気浄化
 自然との共生

基礎科学・医学
 組み合わせ技術
 デバイス化 etc

夢の技術

- 1) 分子レベルで細胞機能・メカニズムを解明する
- 2) 一個の細胞から生体を自己修復する
- 3) 肉体的な若さを年齢を超越して保つ
- 4) 脳や神経の機構・機能を解明する
- 5) ガンを撲滅・根絶する

生命現象と生体
 機能を利用する



RNA診断マイクロデバイス

分子レベルでバイオテクノロジーを理解する

デバイス

介護ロボット、人工臓器、細胞チップ、
 バイオ燃料電池、マイクロバイオマシン、
 野菜果物工場、健康増進食品、
 人体埋め込み型診断デバイス、

克服すべき課題

食料問題
 廃棄物処理
 ガン早期発見治療
 エネルギー問題
 地球温暖化
 ウイルス対策
 生態系維持
 環境汚染
 難病対策

基盤技術確立

- 1) 新材料: 生体適合性材料、新規機能性材料
- 2) 表面界面制御: 表面修飾技術、分子配列制御、分子間相互作用の解明
- 3) 計測技術: 局所ナノ構造・機能計測、高感度化、多様化、解析技術、一分子検出
- 4) システム化: ユビキタス化、オンライン化
- 5) 医薬: 再生医療、在宅医療、ガンの根絶、ドラッグデリバリーシステム
- 6) エネルギー: バイオマス

新規学問分野開拓

ナノテクノロジー: 局所分析化学・界面工学・分子制御工学・分子配列工学・電子制御化学

バイオテクノロジー: 分子生物学・再生医工学・分子細胞学・細胞物理学

学際領域構築

人材育成

2013年

2020年

2030年

2040年

(7) 応用物理学 超伝導

臨界温度
臨界電流密度
集積度
etc

エレクトロニクス応用 要素技術研究開発

電力・産業機器応用 要素技術研究開発

・高度情報・医療社会の創出
・先端計測技術の産業展開

・エネルギー・環境問題への貢献
・新超伝導産業の創出

要素技術開発

- ・薄膜・デバイスおよび回路プロセス技術
- ・回路設計技術
- ・低温実装技術
- ・冷凍機技術
- ・磁気シールド技術

材料高性能化・製造・加工プロセスの最適化

⇒ 高温・高磁場化、大電流化、長尺化、
低損失化、低コスト化、大量生産

評価技術・応用用途開発

⇒ 原理検証、システム小型化、
大容量化、高効率化、高信頼性

新現象・新原理の発見と解明

⇒ ナノテクノロジー、極限技術利用、
他分野技術との融合

核融合

全地球超伝導電力網

量子コンピュータ

量子通信

宇宙観測用
X線分光器

液体ヘリウムを使わない
超伝導応用の時代

電力貯蔵

超伝導リニア

脳磁計・心磁計

超伝導送電線

超高速・超低消費電力IC

超伝導モータ

医療用MRI

加速器用
マグネット

超伝導発電機

物質・材料開発

- ・次世代高温超伝導体の設計と探索
- ・高機能超伝導物質材料の創製

電波望遠鏡

資源探査

免疫診断

食品検査

計測標準

薄膜開発: 大面積・界面制御・高歩留まり

エレクトロニクス応用

線材開発: 長尺(~10 km)、高臨界電流密度、低コスト、高信頼性

電力・マグネット応用

新しい超伝導体の探索: 酸化物・ホウ化物・炭化物・窒化物・硫化物・ヒ化物

室温超伝導体

テクノロジーレベル

2013年

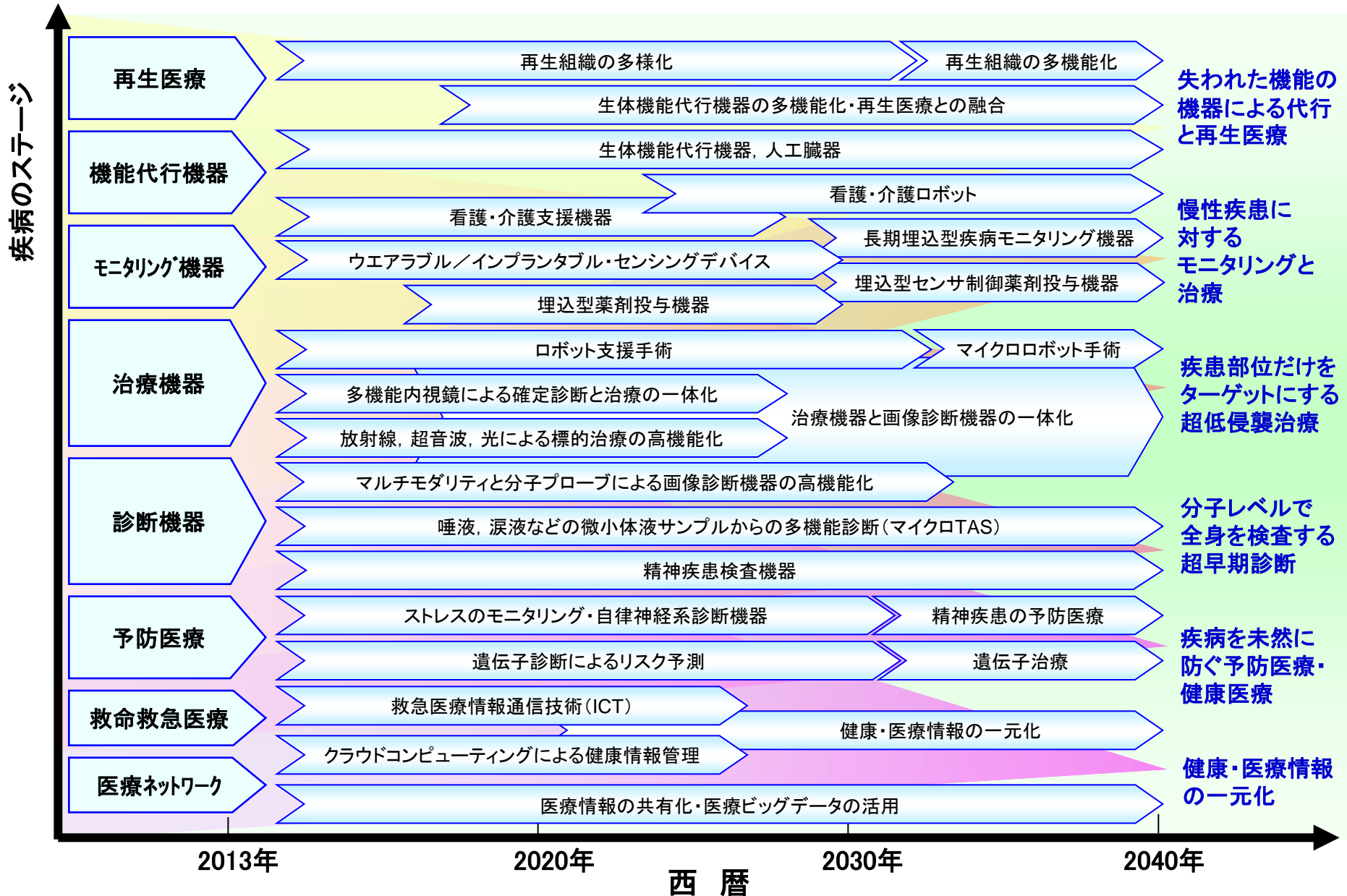
2020年

2030年

2040年

西 暦

(8) 応用物理学の科学・夢ロードマップ ～最先端医療～



(9) 応用物理学の科学・夢ロードマップ ～環境・エネルギー～

