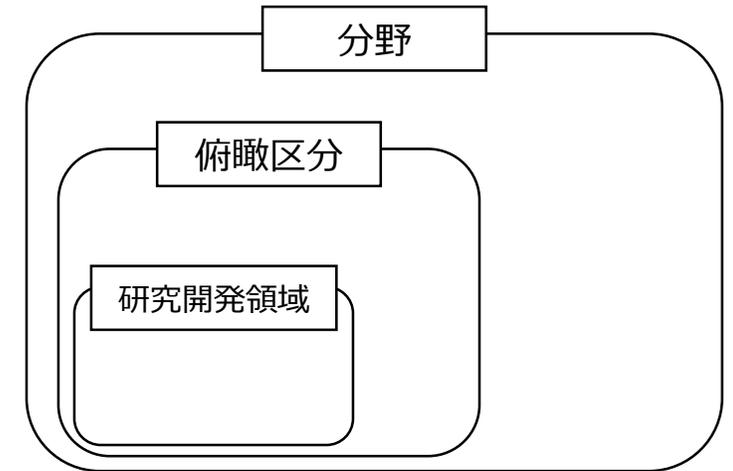


参考4 俯瞰報告書における分野等定義

用語	用語の定義	例
分野 -Field	俯瞰対象分野の名称	<ul style="list-style-type: none"> ナノテクノロジー・材料 環境・エネルギー ライフサイエンス・臨床医学 システム・情報科学技術
俯瞰区分 -Semantic Segment	俯瞰の対象分野の構成要素としてCRDSにより設定される区分（俯瞰対象分野を構成する部分集合）	ビッグデータ、再生可能エネルギー、ナノエレクトロニクス、医療・福祉、モデリング など
研究開発領域 -Discipline	一定の学術的知識や方法論が体系化されているカテゴリ（各俯瞰区分を構成する部分集合） ※体系化されようとしている臨時領域も含む	ソフトウェア工学、太陽電池、免疫疾患、メタンハイドレート利用技術、データ同化 など
研究開発課題 -Theme	研究者が個別に持っている研究の達成目標	



用語の階層構造

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（環境・エネ）

分野	研究開発領域	概要
環境・エネルギー (35)	火力発電	燃料として天然ガスや石炭に加え、水素、アンモニアなどの二次燃料も対象とした燃焼エネルギーによる発電技術の領域。電力の安定供給に欠かせないが、CO ₂ 排出量の削減に向け、高効率化、燃料の多様化が重要な研究テーマ。基盤技術から先端技術までが統合されている。
	原子力発電	原子力の利用に関わる①新型原子炉（第4世代原子炉、小型原子炉や核燃料技術など）、②核融合炉（基礎理論、材料、機器、システム設計、国際プロジェクトなど）、③原子力安全（リスク評価、シビアアクシデント対応、緊急時対処技術など）④使用済燃料等の処理・廃止措置（再処理・リサイクル技術及び安全評価など）を対象領域とする。
	太陽光発電	風力発電と並び、将来的な大型電源として期待される。発電システムとしては低コスト化、効率向上、長期信頼性。導入拡大のために未利用地への適用が課題。導入後の運用技術も重要で、天候変化による発電予測、メンテナンス・保安の効率化、電力ネットワークの周波数安定化のためのインバータ技術など。
	風力発電	風力の電力変換に関する領域。経世界では済性で陸上から洋上(着床)に移行し大型化(10MW超)が進む。浮体式洋上風車の実証段階。国内の設置拡大施策が始動している。
	バイオマス発電	バイオマスのエネルギー利用や化学品などの物質利用に関する研究開発領域。バイオマスを燃料や電力等の二次エネルギーに利用する技術及びシステム技術、バイオマスから複数形態のエネルギーや他製品を生産するシステム技術が含まれる。再生可能エネルギーの中で唯一の炭化水素資源。石炭、石油、天然ガスなどからの化石資源代替として転換できることから、再生可能な有機資源として有効利用が図られており、バイオマスの役割は大きい。
	水力発電	水の位置エネルギーを利用した発電及び揚水。ダム式、水路式、中小水力などがある。CO ₂ 排出量の少ない純国産エネルギーとして、天候に左右されない安定的かつ安価な発電手段として、電力供給のベースロード電源の役割を担う。風力や太陽光発電等の再生可能エネルギーの大量導入に備え、安定な電圧・周波数の電力供給のために水力発電の即応性や調整力が期待される。
	海洋発電	再生可能エネルギーの一つとして膨大な資源量を有する。波力発電、潮汐発電、潮流発電、海流発電、海洋温度差発電、塩分濃度差発電等の次世代のエネルギー源。欧米諸国で利用技術の開発進み、新しい海洋エネルギー産業を形成しつつある。
	地熱発電	地熱発電は、地熱という純国産資源を活用した発電。運転時の二酸化炭素の発生が火力発電に比して圧倒的に少なく、燃料の枯渇や価格高騰などへの心配もない。太陽光や風力の他の再生可能エネルギーによる発電と異なり、天候、季節、昼夜によらず安定した発電量が得られる。

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（環境・エネ）

分野	研究開発領域	概要
環境・エネルギー (35)	太陽熱発電	太陽熱発電システムとしての低コスト化、効率向上、用途開発安価な蓄熱システムを組み込むことにより、夜間において太陽光発電(PV)にバッテリーを導入するよりも安価にソーラー発電が行える。また、PV、風力発電からの電力を電熱変換して安価に蓄熱し、夜間等に従来の手法により熱発電する蓄熱発電（カルノーバッテリー）のほか、1000～1500℃の産業熱として熱利用する熱電池システムの開発も注目されている。
	蓄エネルギー	変動性の再生エネルギーを活用するため蓄エネルギー技術が不可欠。これまで揚水発電が担ってきたが、さらなる容量が必要となる。短い時間帯では二次電池が主流になると考えられ、長い時間帯(日、週、季節)では熱貯蔵、化学物質貯蔵など幅広く貯蔵手段を持つておく必要がある。EV用の蓄電池は産業として重要であるとともに、将来は電力ネットワークとの連携(V2X)が期待される。
	二酸化炭素回収・貯留	CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) は、二酸化炭素回収・貯留技術を指す。工場の排ガスからアミン吸収液やアミンを含む固体材料、分離膜等によりCO ₂ 分離回収する。大気からCO ₂ を回収する技術は特にDACと呼ぶ。CO ₂ の貯留方法としては、油田にCO ₂ を圧入して石油の増進回収兼ねるEORと地層中に閉じ込める帯水層貯留が代表的である。化石資源の利用をゼロに出来ない状況においてはCO ₂ の大気への放出を減らすために不可欠な技術。
	水素・アンモニア製造・利用	再生エネルギー電力を水素に変換する技術、輸送・貯蔵のための水素キャリア製造技術および水素利用技術。得られた水素は再び電力に変換でき、利用時に地球温暖化ガスである二酸化炭素(CO ₂)を発生させない。電力用、FC車用の他、水素の還元力は化学産業、製鉄産業の低炭素化にも貢献しうる。化石資源とCCUS(CO ₂ 回収・有効利用・貯留)技術と組み合わせで製造することもできる(ブルー水素)。
	二酸化炭素回収・利用	CCU(Carbon dioxide Capture and Utilization) は、回収したCO ₂ を資源として捉え、多様な炭素化合物等として再利用する技術。回収したCO ₂ を有効利用して石油代替燃料や化学原料といった有価物を生産する。CO ₂ 分離回収技術は、CCSおよびCCU(CCUS)の共通基盤技術であり、CO ₂ 排出量削減に実質的に貢献するために重要な技術。
	熱エネルギー利用(産業)	熱エネルギー利用(産業)は、熱エネルギー利用のうち、産業部門での熱の有効利用に関する科学、技術、研究開発を指し、蓄熱技術と熱再生利用技術を対象とする。蓄熱技術は、工場の排熱を短時間または長時間蓄えて、工場の製造プロセスの予熱に利用し、化石燃料消費量の削減を図る。熱再生利用技術は、周囲環境と異なる温度状態にある熱源から別の媒体に熱移動させ、利用目的に即した効用・便益を創出する技術。要素技術は、熱交換、熱輸送、ヒートポンプ技術がある。
	エネルギー利用(民生)	温室効果ガス排出の少ない民生(業務・家庭)部門の冷暖房給湯に供する熱エネルギー供給に関する研究開発。その他、発電時に排出される熱を回収して、給湯や暖房などに利用するように2つのエネルギーを同時に生産し供給するコージェネレーションシステムも含む。脱炭素化、災害時のエネルギー供給継続から重要。

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（環境・エネ）

分野	研究開発領域	概要
環境・エネルギー (35)	ネガティブエミッション	大気中の二酸化炭素吸収・固定効果の評価に関する研究開発。「温室効果ガス（Green House Gases : GHGs）吸収源」を創出する技術。農林業分野では、植林、森林管理、バイオ炭、岩石による風化促進などが対象。水産業分野では、ブルーカーボン生態系の利活用、品種改良、養殖技術、漁場整備、資源管理など。
	エネルギーマネジメントシステム	エネルギーの使用状況を可視化し、エネルギーコストとCO2排出量の削減を両立させる技術。電気の需要家が消費者から自ら電気を作るプロシューマに変化する中、電力エネルギーシステムを重要なセクターに転換していく分散化に関する機器。システム、センシング、情報通信技術、データマネジメント、最適化制御等を指す。
	エネルギーシステム・評価	エネルギーシステムは、原油などの一次エネルギーを精製し、石油製品など二次エネルギーに変換して、工場など最終需要家に供給するエネルギー需給の体系。数理モデル等の解析モデルを応用し、拡大する需要に対するエネルギー供給の安定性、環境性、経済性を評価。分散型エネルギー資源を取込んだモデル、システムの構築、および評価手法の確立が課題。エネルギーシステム全体での効率向上、温暖化ガス排出削減、設備のスリム化・稼働率向上に向けた手法構築も重要。
	反応性熱流体	燃焼に関する科学、技術、研究開発の領域。流体、化学反応、放射(赤外光学)などの要素も含む複合的基礎技術。応用先は、エンジンやガスタービン等の動力源、ボイラや工業炉等の熱源として、陸海空の輸送セクターや工業製品の製造工程、廃棄物の焼却処理・減容にも用いられる基盤技術である。
	トライボロジー	トライボロジーは相対運動をしながら互いに影響を及ぼしあう2つの表面に起こるすべての現象を対象とする科学技術で、潤滑、摩擦、摩耗などを取り扱う。摩擦低減技術は、効率的エネルギー活用に不可欠な技術。省エネルギーの観点からは、摩擦メカニズム、接触表面状態、潤滑剤の影響などが基礎研究にあたる。
	破壊力学	破壊力学は、機械・構造部材の破壊の機序と進展現象を力学量により定量的に予測する工学的手法の一つである。原子力発電設備や航空機などの機器や構造物の設計および保守管理の分野で、高度な信頼性、経済性を確保するために活用される。
	気候変動観測	大気中の温室効果ガスや微粒子（エアロゾル、雲）、短寿命気候強制力因子、気候変動因子（雲、土地利用、植生など）の濃度や変化の情報を得るための衛星等のリモートセンシング、地上観測ネットワークなどの観測技術。大気、海洋、極地、森林、土地利用変化の観測技術。観測技術の開発や実装、データアーカイブ化、社会利益をもたらすデータプロダクトの作成を含む。
	気候変動予測	全球レベルの気候モデル、エアロゾル、植生、海洋生態系などの要素も取り入れた地球システムモデル、社会経済シナリオを取り入れた予測を行う統合評価モデル等。モデル評価手法、ダウンスケーリング、データ同化、地球環境予測のための基盤技術も含む。中長期的な将来変化を推定する。予測・推定技術の高精度化が強く期待される。

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（環境・エネ）

分野	研究開発領域	概要
環境・ エネルギー (35)	水循環 (水資源・水防災)	水循環の観測・監視や解析・評価、予測に係る研究開発領域。観測・監視は、衛星や地上観測、センサネットワーク、同位体分析。解析・評価は水循環の自然変動、産業化や人口動態などの人間社会の変化が与える水循環への影響。予測は、水循環モデルや統合モデルの開発を行う。
	生態系・生物多様性	生態系や生物多様性の空間的な分布や時間的な変動を観測、評価、予測するための研究開発。陸域、陸水域、海域の観測のための技術。ロガーや音声データ等を使った追跡技術、衛星・航空機観測のためのリモートセンシング、画像解析、環境DNAによる生物学的情報取得、IoT・センサネットワーク、大規模・長期観測、データ基盤・配信システム等。生物多様性の形成・維持機構の解明や将来予測を目的としたモデル開発、気候変動による影響の予測・評価も含む。
	都市環境予測・評価	気候変動や感染症、自然災害などが都市環境に与える影響の予測と評価、都市レジリエンスの向上策や適応シナリオ構築。都市住民の健康、QOL、ウェルビーイングに関する研究開発や社会実装の取り組み。例えば、暑熱や極端気象に備える都市計画シナリオ構築、自然災害への防災行動計画、都市ヒートアイランド現象と地球温暖化がもたらす暑熱が、都市住民の身体、精神、社会的健康に与える影響の解析手法、影響の評価、予測など。
	感染症のリスク評価・管理	環境工学、リスク学の知見や建築環境、空調・換気の視点を生かした感染症対策。感染経路の評価、不活化、希薄化、気流可視化、実効性検証、影響予測、費用便益（コベネフィット／トレードオフ）、リスクコミュニケーション、包摂的リスクマネジメント、リスク表現検討など。感染症対策、レジリエンス向上に資する。
	農林水産業への 気候変動影響評価・適応	気象に基づく生育予測・栽培管理や病害虫対応、農林地や農林施設の利用・整備に関する研究開発。水産業分野ではブルーカーボン生態系の利活用、漁船の電力化、品種改良、養殖技術、漁場整備、資源管理等。増大する世界的な食料需要へ対応するため気候変動リスクに適応する農業生産が必要。ブルーカーボンをういた温室効果ガス吸収源拡大・利活用検討も活発。
	社会 - 生態システム	生態系サービス間の連関や将来予測、生態系サービスがもたらす多様な価値の評価、社会－生態システムの統合的理解等学際的研究開発。人間社会が生物多様性や生態系に与える影響や、人間の福利をもたらす生態系サービスを定性的・定量的に明らかにする。一方で、社会－生態システムの統合的な理解は十分に進んでいない。社会－生態システムのガバナンス、気候変動適応や防災・減災への活用が期待される。
	水利用・水処理	用水処理や排水処理に用いる材料、薬剤、機器、膜、光、システムなど水処理システムに係る研究開発領域。飲料に適さない水を飲料水へ変換する技術、従来使用できなかった水資源を利用する技術、海水、下水処理水などを原水として飲料水を製造する技術等。浄水技術としての技術は確立されているが、公害防止、環境維持、SDGs対策など社会的ニーズの高い領域。
	大気汚染対策	人為活動に由来する産業や燃焼及び自然由来の大気汚染物質の観測技術、大気汚染物質の発生源や発生過程、輸送過程の解明に関する研究開発、除去・浄化技術などを対象。微粒子状物質（PM2.5）等に関して、広域の越境移動、観測ネットワーク、大気中の動態分析、排気ガスに含まれる有害物質除去のための触媒装置である三元触媒、大気環境を保つための予測技術も含む。

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（環境・エネ）

分野	研究開発領域	概要
環境・エネルギー (35)	土壌汚染対策	人為活動に伴う重金属や揮発性有機化合物、自然由来汚染物質を対象とした汚染物質の拡散防止技術、浄化技術。放射性セシウムによる土壌汚染対策、揮発性化学物質（ベンゼン、水銀等）等の土壌汚染対策など。
	リサイクル	製品やサービスの全ライフサイクルの環境負荷や影響の定量的評価・管理技術、資源利用の効率性や持続可能性を層進めるための処理技術、リサイクル技術。製品設計やデザインやシステム構築、ライフサイクルアセスメント、物質ストック・フロー分析まで含む。循環型社会の構築のために必要となる研究。
	環境分析・化学物質リスク評価	環境媒体（大気、水、底質、土壌、生物）中の化学物質の計測や分析、人の健康や生態系への悪影響の評価（毒性評価など）に関わる機構解明や手法・技術。有機化学物質の分析・毒性評価は工業的な有機化学物質や製品の安全・安心な利用に最も重要な意義を持つ。高精度なガス等の環境媒体のセンシング技術は、レジリエンスの観点でも注目すべき。
	環境リモートセンシング	遠隔から電波や光、音波などを用いて対象物を触らずに調べる技術。衛星や航空機、ドローン、船舶、車両などに搭載することで広範な情報を面的に取得できる。大気中の温室効果ガス、微粒子（エアロゾル、雲）、気候変動因子（雲、土地利用、植生など）の濃度や変化を観測。地震、噴火等の自然災害観測にも活用。
	ライフサイクル管理 (設計、評価、運用)	製品やサービスのライフサイクルでの環境負荷や影響を定量的に把握し低減するための評価・管理技術。その他資源利用の効率性をたかめる処理技術、リサイクル技術を指す。枯渇性資源（化石資源や鉱物資源など）や再生可能資源（自然資源など）の資源を適切かつ効率的に利用するための分析手法の検討が進む。

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（システム・情報）

分野	研究開発領域	概要
システム・ 情報科学技術 (20)	大規模深層学習モデル	深層学習ベースのAI技術を研究開発する領域。超大規模化した深層学習モデル（大規模言語モデル、基盤モデル）は、汎用化やテキスト・画像・動画を互いに関連付けるマルチモーダル化が進み、対話AI（ChatGPT等）や画像生成AI等、様々な応用の基盤となっている。
	脳科学・認知発達科学ベースAI	AIの精度・性能とは別に、安全性・信頼性など社会からの要請を充足するAIのあり方・技術を研究開発する領域。具体的には、AIの解釈性・透明性・公平性・頑健性・信頼性や倫理・プライバシー保護、あるいは、フェイク生成に対する悪用防止等に関する技術に加えて、AI ELSI（Ethical, Legal and Social Issues）に関する人文社会科学面からの取り組みにも期待されている。
	信頼されるAI	AIの精度・性能とは別に、安全性・信頼性など社会からの要請を充足するAIのあり方・技術を研究開発する領域。具体的には、AIの解釈性・透明性・公平性・頑健性・信頼性や倫理・プライバシー保護、あるいは、フェイク生成に対する悪用防止等に関する技術に加えて、AI ELSI（Ethical, Legal and Social Issues）に関する人文社会科学面からの取り組みにも期待されている。
	AI・データ駆動型 問題解決	AI技術による問題解決パイプライン（データ収集蓄積→データ分析→アクション実行）の高度化と、それを生み出した社会・産業・科学の変革を目指す研究開発領域。機械学習とシミュレーションの融合やドメイン知識との融合等が期待されている。マテリアル科学・生命科学・物理学等で科学×AIの活用も進み、広い範囲での科学技術の国際競争力にも直結する。問題解決や意思決定における人・AI協働の枠組みも重要な要素である。
	仮想空間プラットフォーム（SNS、メタバース等）	SNSやメタバース等の仮想空間プラットフォームの開発・運用に関わる研究開発の領域。大規模な計算基盤をベースに、仮想空間を生成・管理し、膨大な数の利用者の行動データ・特性データを分析してサービスを最適化するためにAI技術が活用されている。
	ヒューマンロボットインタラクション	人とロボットとの相互作用に関し、フィジカル空間・サイバー空間での人間の経験や特性をうまく活かせるシステムを実現するための技術を研究開発する領域。具体的には、人間との交流・協働・行動支援等を意図した、ロボットにおける外界認識・意思決定モデルの構築、素材や機構の開発、ユーザビリティ評価といった技術が含まれる。近年は、BMI（ブレイン・マシン・インターフェイス）や、サイバー空間上のアバターとの相互作用に関する研究にも進んでいる。
	モビリティロボット	ロボットの移動機能に関する技術を研究開発する領域。移動制御に加え、現在位置から目標位置までの軌道を生成する移動計画の技術も必要である。広義には自動運転車もこの領域に含まれる。近年、自動車の形をしていない地上ロボットについては、脚型と車輪のハイブリッド機構や身体ダイナミクスを活用した脚機構により、ロボットの安定性、高速移動、不整地移動能力が飛躍的に向上してきている。空中ロボットについては、ドローンや空飛ぶクルマがこの領域に含まれる。
産業用ロボット	自動車・電気電子産業など、主に製造業で利用されるロボットを対象とし、従来のような大量生産向けの繰り返し動作ではなく、状況に応じた柔軟な動作を実現する技術を研究開発する領域。本領域には、周辺の作業者を伴った環境に応じて動作を自動的に変更するための動作計画技術、周辺環境を監視するセンサー技術、作業員や周辺の安全を確保する保護装備等の設計を支援する技術なども含む。	

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（システム・情報）

分野	研究開発領域	概要
システム・ 情報科学技術 (20)	先進ロボット工学	人工知能技術と融合した高い自律性を持つロボットや人間の緊密な協調動作が可能なロボットの実現に貢献する研究開発領域である。モビリティロボットや産業用ロボットだけでなく、さまざまな分野でロボットの研究開発・利用が活発化している。調理・掃除などの日常生活支援や社会的弱者の自立支援を目的とした生活支援ロボットやサービス産業において人と同じ場所で働くコワーキングロボットなど新たな活用が広がっている。
	サイバーセキュリティ	サイバー攻撃の検知・遮断、侵入後の調査・復旧、将来の防御のための技術を研究開発する領域。特に、セキュリティオペレーションを自動化することに主眼があり、サイバー攻撃の迅速検知、インターネット上での脅威状況把握、マルウェア分析など、システム管理者やセキュリティアナリストが実施している業務を強力にバックアップもしくは自動化する技術の実現を目指す。近年は、攻撃者の振る舞いや背景の理解なども対象となってきている。
	IoT・制御システム セキュリティ	センサーを搭載した機器や工場における制御機器など、様々な「モノ」がネットワークに接続されたIoT（Internet of Things）システムにおいて発生する、ハードウェア、ソフトウェア、センサー、ネットワーク、サプライチェーンにおけるセキュリティリスクへの対策技術を研究開発する領域。
	データ・コンテンツの セキュリティ	個人情報やパーソナルデータを利用するにあたり、個人情報・プライバシー保護とデータ活用とを両立するための技術を研究開発する領域。具体的には、匿名化技術、秘密計算技術、プライバシー保護データマイニング技術、差分プライバシー技術、耐量子計算機暗号技術などがある。
	デジタルトラスト	トラスト（信頼）とは「相手が期待を裏切らないと思える状態」であり、対象真正性（本人・本物であるか？）、内容真実性（内容が事実・真実であるか？）、振る舞い予想・対応可能性（対象の振る舞いに対して想定・対応できるか？）の3側面について、技術的な担保、心理的な配慮、制度による保証等を研究開発する領域。特に対象真正性を担保する役割を持つのがデジタルトラストであり、データやコンテンツの信頼性保証やシステムの信頼性保証が含まれる。
	データ処理基盤	多数の計算機、あるいはメニーコアを搭載するなどのハイエンドな計算機を利用することで、大規模データ（ビッグデータ）に対する処理を効率的に実行する基盤ソフトウェア技術を研究開発する領域。主要要素技術は、クラウド環境で利用されている分散並列型の大規模データ処理であり、代表的なデータ処理の例として、データベースの検索処理、機械学習、データマイニングがある。
	デジタル社会インフラ	Society 5.0（サイバーとフィジカル世界の融合した社会）を支えるために、社会を計算可能化する技術を研究開発する領域。具体的には、社会の情報をダイナミックにかつ自律分散的に集めるデータ収集基盤、データを安全に共有して様々な目的での計算を可能とするデータ共有基盤、計算結果を用いて社会と人のウェルビーイングを向上させる技術等である。その他、ディペンダビリティを向上させる技術、IoT 情報基盤構築技術、ゼロエナジーIoTネットワーク技術なども含まれる。
	量子コンピューティング	量子の状態重ね合わせ、もつれ、干渉などの現象を利用して、従来の計算機では不可能な情報処理を可能とする技術を研究開発する領域。対象範囲は、理論的な計算モデルから、ハードウェア、ソフトウェア、アーキテクチャまで、そして物理学、計算機科学、電子工学と広範にわたる。

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（システム・情報）

分野	研究開発領域	概要
システム・ 情報科学技術 (20)	ネットワークコンピューティング	カスタム化可能なハードウェアや汎用ハードウェア上のソフトウェアで、通信機能やサービス機能を実現する「ソフトウェア化」により、ネットワークを迅速かつ柔軟に提供するとともに、ネットワーク層で計算処理を実行させる技術を研究開発する領域。高品質かつ高信頼のネットワーク運用を行う技術や、ネットワーク制御・設計技術の高度化なども含まれる。
	光通信	光ファイバー上で光信号を送受信することで実現される通信技術であり、広大な周波数領域による超大容量・超低遅延・超低消費電力の通信の実現をめざす研究開発領域。無線・モバイル通信技術・衛星通信技術との連携による大容量通信の実現や、電子デバイスと光デバイスの一体化・集積化の実現を含め、将来の通信ネットワーク・コンピューティングを支える基盤技術として必要不可欠なものである。サプライチェーンリスクに備えるにはOpenROADMをはじめとする装置のオープン化を推し進める研究開発も必要となる。
	無線・モバイル通信	無線通信は、送受信機間をケーブルで接続することなく、電波を媒体として利用し、通信回線を構築する通信形態を指し、モバイル通信は移動する端末が無線通信を行う通信形態を指す。本領域は、これらを包含する研究領域である。無線・モバイル通信システムは、人々の生活空間を支えるあらゆるシステムを接続し、そこに、センシング、AI、ビッグデータ解析などの情報技術を融合することで、実/サイバー空間の連携に基づく社会空間を構築するためのプラットフォームへと進化し始めている。本領域は、そうしたプラットフォームとしての無線・モバイル通信を支える技術を扱う。超大容量・超低遅延・超低消費電力を実現する光通信との連携により将来の通信ネットワーク・コンピューティングを実現する基盤技術である。低軌道周回衛星などの非地上ネットワーク（NTN）を含む。サプライチェーンリスクに備えるにはOpenRANをはじめとする無線・モバイル通信の構成要素技術のオープン化を推し進める研究開発も必要となる。
	量子通信	量子通信ネットワークは、主に、量子の物理的な特徴を活用して送受信間で絶対安全に暗号鍵を共有する量子鍵配送ネットワークと、量子情報を遠隔地間で重ね合わせや量子もつれ等の量子状態を保ったままやり取りする量子インターネットに分類される。本研究開発領域は、1対1の量子鍵配送の高速化・長距離化技術から、既存セキュリティー技術との融合、多対多のネットワーク化と衛星系も含めた大規模グローバルネットワークの構築、量子中継技術およびそれを活用した量子インターネットの実現に関する研究開発を扱う領域である。

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（ナノテク・材料）

分野	研究開発領域	概要
ナノテクノロジー・材料 (30)	蓄電デバイス	蓄電デバイスとは、電気エネルギーを入力して、それを一定期間保持したのちに、電気エネルギーとして出力するデバイス。
	分離精製技術	分離精製技術とは、混合物から目的成分を取り出す、または不要物を取り除く技術領域。化学プロセスにおいて目的成分を低環境負荷・低エネルギーで取り出す技術、CO ₂ の分離、高純度水素や炭化水素の分離、海水の淡水化や各種排水の浄化、医療（人工透析、酸素濃縮）など幅広い産業の基盤となっている技術。
	次世代太陽電池材料	太陽電池の普及に必要な、高効率化・低コスト化を実現するための技術的検討を行う研究開発領域。シリコンの単結晶/多結晶/薄膜系、高効率太陽電池の代表であるIII-V化合物系、低コスト高効率の特徴のCdTe、CIS系に加え、ペロブスカイト系などに対してさかんに行われている。
	エネルギーキャリア	再生可能エネルギーを電力以外のエネルギー物質として長距離輸送し、中長期かつ大規模に貯蔵する媒体、エネルギーキャリアに関する研究開発領域。再生可能エネルギーの本質的課題である時間的・空間的偏在を克服するために必要とされる。
	人工生体組織・機能性バイオ材料	生体および生体構成成分（組織、細胞、体液、核酸、タンパク質など）と相互作用して利用される材料およびその構築物を追究する研究開発領域。医療応用では、損傷組織を修復・代替するための再建外科材料や人工臓器、再生医療材料、バイオ接着剤、そして治療の補助や治癒の促進をする材料、細胞の培養基材などが対象。
	生体関連ナノ・分子システム	生体に応用される機能性ナノ粒子の創出や、多様な人工分子をシステムとして統合する方法論の確立を目指す研究開発領域。生命機能の再現や拡張的機能の創出を可能にし、また生体機能の制御によって革新的な医療技術の確立に貢献する。
	バイオセンシング	生体由来物質（バイオ物質）の高感度検出・分析技術を開発し、バイオマーカ・ウイルス・病原菌・薬物などに適用して、計測・診断に用いるデバイスを創出することをめざす研究開発領域。
	生体イメージング	生命現象の理解を目的として生体内の情報を可視化することを目指す。種々のイメージング手法、プローブ材料、観察装置、画像処理、機械学習によるデータ解析などを包括する研究開発領域。
	超高速・超低消費電力・超高集積半導体デバイス	従来のCMOSの限界性能を超える新動作原理のデバイスを開発し、超高速・超低消費電力でデータ処理する集積システムの実現をめざす研究開発領域。
	脳型コンピューティングデバイス	人間の脳の情報処理を模倣した回路、そこに利用する革新的な材料・デバイスの基盤技術の開発により、人間のように高度な判断や予測、制御などを超低消費電力で行うことができるAIアクセラレータ・チップの実現を目指す研究開発領域。

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（ナノテク・材料）

分野	研究開発領域	概要
ナノテク・材料 (30)	フォトニクス材料・デバイス・集積技術	光の持つ多様な機能を利用して、高性能/高機能な光デバイスやそれらを集積化したモジュール・装置・システムを実現することにより、光の持つ高速性と低遅延性、低消費電力性を最大限に活かすとともにコストの低減を実現し、新たな機能と価値の創造をめざす研究開発領域。
	IoTセンシングデバイス	MEMSセンサを代表とする高性能・高機能なセンシングデバイスの研究開発により、健康で便利に暮らせ安心・安全なスマート社会の基盤となるInternet of Things (IoT) の実現を目指す研究開発領域。
	量子コンピューティング・通信 (ハードウェア)	量子力学が記述する電子や光子などが持つ性質（量子性）を積極的に活用して、古典系では実現できない情報処理機能・性能を実現するための研究開発領域。
	スピントロニクス	固体中の電子が持つ電荷とスピンの両方を工学的に応用する分野であり、電荷の自由度のみに基づく従来のエレクトロニクスでは実現できなかった機能や性能を持つデバイス実現をめざす研究開発領域。
	金属系構造材料	構造用金属材料に関して、高強度、高靱性、軽量化（高比強度、高比剛性）、耐環境性（耐熱性、耐食性、耐脆化性など）、易加工性、高耐久性（高疲労強度、耐摩耗性など）、環境調和性（リサイクル性、有害物質フリー）などの材料特性の向上、および高品質、低コスト、高生産速度など製造技術の向上をめざす研究開発領域。
	複合材料	金属やプラスチック、セラミックスなど2種類以上の材料を組み合わせることによって、個々の材料では持ちえない機能・性能を有する構造材料の創出をめざす研究開発領域。
	ナノ力学制御	材料が本来持つ力学機能を最大限まで引き出し、これまで実現できなかった高性能・高機能な材料開発および新しい材料設計技術を構築するため、力学特性の発現機構をナノスケールまで立ち戻って理解し制御することを目的とした研究開発領域。社会的要請が強い応用技術領域を代表するものとして「接着」「摩擦・摩耗」「自己修復」があげられる。
	パワー半導体材料・デバイス	高効率の電力変換を可能にする電力制御用半導体素子（パワーデバイス）を、その応用技術とともに研究開発する領域。パワー半導体デバイスは、電力密度を向上させ電力単価を低減させることができる。
	磁石・磁性材料	材料物性としての磁性には様々な種類があるが、モータや大電力用途などのパワーエレクトロニクスに関係の深い強磁性材料を対象とする。強磁性材料には保磁力の高い永久磁石材料と、保磁力がゼロに近い軟磁性材料がある。
	分子技術	日本発の課題解決型の研究開発領域であり、目的を持って分子を設計・合成・操作・制御・集積することにより、分子レベルで所望の物理的・化学的・生物学的機能を創出し、応用に供するための一連の技術。分子技術の集積と体系化により、従前の科学技術では成しえなかった新物質、新材料、新デバイス、新プロセス等の創出が期待できる。

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（ナノテク・材料）

分野	研究開発領域	概要
ナノテクノロジー・材料 (30)	次世代元素戦略	物質・材料の特性・機能を決める特定元素の役割を理解し有効活用することで、物質・材料の特性・機能の発現機構を明らかにし、希少元素や有害元素に依存することなく高い機能を持った物質・材料を開発する研究開発領域。
	データ駆動型材料開発	計算科学やデータ科学を用いた物性予測、ハイスループット材料合成・評価、データマイニングによる特徴抽出などにより、新材料の設計、探索、発見を飛躍的に加速することを可能にする取り組みを総称した技術分野。
	フォノンエンジニアリング	ナノスケールの微小空間、微小時間での熱の振る舞いを理解し制御することにより、熱の高効率な利用や、デバイスのさらなる高性能化・高機能化を実現する。放熱問題の緩和に留まらず固体中のより高度な熱流制御技術や熱マネジメント技術、熱電変換応用などを実現することにより、現代および将来のスマート社会を支えたと期待できる。
	量子マテリアル	量子マテリアルは、電子やスピンの量子状態を人為的に制御することで新たな量子力学的な機能を発現する物質・材料。ムーアの法則の限界を克服する次世代半導体の実現や、センシング及びエネルギー変換・貯蔵への応用のため、シリコンを凌駕する電荷移動度を持つ2次元物質や、高性能な高温超伝導物質・デバイス応用、非磁性の欠陥や不純物に対して電子が堅牢な輸送特性を持つトポロジカル物質が注目されている。
	有機無機ハイブリッド材料	無機材料と有機材料を融合（ハイブリッド化）することで、無機材料の結晶性や頑健性と、有機材料の柔らかさ・分子選択性を両立させ新たな機能性材料を創出する研究開発領域。
	微細加工プロセス	シングルナノメートルレベルまでのシリコンの微細加工プロセスの高度化を実現する研究開発領域。ArF液浸露光技術と多重露光技術の高度化、新たなリソグラフィ技術、高アスペクト比パターン形成、原子層堆積・エッチング（ALD・ALE）など。
	積層造形・レーザー加工	積層造形は断面データをもとに樹脂や金属粉などをレーザーまたは電子線で溶融させて薄い層を積み上げプラスチックや金属の立体物を製作する技術である。レーザー加工は、金属、セラミックス、ガラス、樹脂、生体などの材料に対し、除去、穴開け、曲げ、溶接・接合加工や表面加工、内部・体積加工を施すものである。いずれもデジタル・マニファクチャリング技術であることから、IoTやAIとの整合性が極めて良く、次世代のものづくりにおける重要な加工技術の1つとなってきている。
	ナノ・オペランド計測技術	太陽電池の普及に必要な、高効率化・低コスト化を実現するための技術的検討を行う研究開発領域。シリコンの単結晶/多結晶/薄膜系、高効率太陽電池の代表であるIII-V化合物系、低コスト高効率特徴のCdTe、CIS系に加え、ペロブスカイト系等に対し盛んに実施。
	物質・材料シミュレーション	量子力学や統計力学の諸知見を活かし、物質の構造、物性、材料組織、化学反応機構などを高精度に解析・予測する技術の確立をめざす研究開発領域。
	ナノテク・新奇マテリアルのリスク評価・標準化	新規物質や新製品の健康・環境への影響、倫理面の取り扱い、リスクの評価・管理、標準化に関する研究開発領域。

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（ライフ・医学）

分野	研究開発領域	概要
ライフサイエンス・臨床医学 (36)	低・中分子創薬	バイオ医薬に分類されない低・中分子医薬品が対象。低分子化合物のほか、中分子化合物として天然物、大環状化合物、ペプチド、核酸医薬などを含む。抗体などバイオ医薬品がもつ問題点（高コスト、免疫原性のリスク、細胞内標的への展開が困難、経口剤にならない、など）に対するソリューションとして期待される。
	高分子創薬（抗体）	高分子医薬品は一般的に分子量数千以上の分子群を指し、主にタンパク質、核酸、多糖やそれらの複合体、混合物からなる。従来の低分子医薬品では困難な標的への高い結合能や選択性を発揮するものが多く、難治性疾患治療などへの応用が盛ん。研究開発領域としては分子の安定性や活性の向上、低分子化、人工分子開発、DDS、製造法開発などが含まれる。
	感染症 (抗菌薬・抗ウイルス薬・ワクチン等)	人類の健康を脅かす様々な感染症（ウイルス、細菌、真菌、薬剤耐性、人獣共通感染ほか）を克服するために必要な、感染・発症・拡大のメカニズム研究、新規診断・治療技術（抗ウイルス薬、抗菌薬、ファージ治療など）、次世代ワクチン・アジュバントの開発、生産・製造技術確立などの感染症に関する基礎研究から臨床応用研究を包含する領域。
	AI創薬	創薬において、コンピュータを用いて医薬品開発を支援する領域。シミュレーションとAI（ビッグデータ解析・機械学習）を活用し、プロセスの自動・高速化、コストダウン、および大量情報処理による知識の抽出を経て創薬に貢献。
	再生医療	病気や怪我、加齢などによって、生体に本来備わっている修復機能で自然には回復できないほどに組織や臓器が損傷・変性し生体機能が失われた時に、細胞や組織・臓器の移植等の手段によって当該組織や臓器を再生し、機能を回復することを目指した医療の総称。
	細胞治療（CAR-T等）・遺伝子治療	遺伝子導入ベクターなどを用いて治療用遺伝子を導入し遺伝性疾患などの根治を目指す医療技術（遺伝子治療）、および、遺伝子改変などにより治療機能を搭載した細胞を用いて疾患の制御・根治を目指す医療技術（細胞医療）。低分子医薬や抗体医薬ではアプローチが困難であった疾患に対して、画期的な治療法となり得え、対症療法にとどまらず、根治療法も実現する可能性がある。
	ゲノム医療	個人のゲノム情報をはじめとした各種オミクス検査情報をもとにして、患者の体質や病状に適した医療を行うこと。質と信頼性が担保されたゲノム検査結果をはじめとした種々の医療情報を用いて診断を行い、最も有効と期待される予防、治療および発症予測を行う。
	バイオマーカー	バイオマーカーとは、集団の中から病気の可能性のある人の発見、疾患の特定、病気の進行度・ステージの把握、経過観察、予後予測、最適な治療の決定などの目的に応じた様々な診断を下すために客観的に測定・評価される指標。
	ヘルスケアIoT (ウェアラブル・生体埋め込み計測)	ヘルスケアIoT技術とは、主として日常生活の中で、対象者が身に着けうるなど負担の小さな形で、対象者の健康情報を継続的に計測し情報化する技術、特にそのデバイス技術。

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（ライフ・医学）

分野	研究開発領域	概要
ライフサイエンス・臨床医学 (36)	微生物分子生産	微生物が有する多様な遺伝子機能・代謝機能等の生命現象を理解し活用して、特定の前駆体あるいは糖質等の植物由来原料から生体触媒（酵素）や微生物自体を用いて有用物質を生産する環境負荷の低いモノづくりに関する技術体系及び研究開発領域。温室効果ガスの発生や化石燃料の使用抑制、再生可能な原材料の利活用などを通して持続可能な社会実現に貢献する。
	植物分子生産	植物バイオテクノロジーを駆使した比較的高コスト生産でも採算が見合うと考えられる、植物二次代謝物と、当該植物以外の生物が産生する物質を、植物バイオテクノロジーによって植物に生合成させる物質生産。また、こうした植物を利用した物質生産において必須な、植物バイオテクノロジー技術に加え、有用植物からの有用遺伝子の探索・同定技術についても取り扱う。
	植物由来材料	圃場環境の変化が作物に与える影響、作物と圃場環境との相互作用についての研究開発、及び農業の環境負荷低減に資する研究開発を対象とする。
	農業	圃場環境の変化が作物に与える影響、作物と圃場環境との相互作用についての研究開発、及び農業の環境負荷低減に資する研究開発を対象とする領域。
	植物工場	植物工場関連技術および植物工場ならではの多彩な栽培環境を利用した植物の環境応答の研究開発を対象とする領域。
	水産	水産を支える効率的で持続可能な養殖生産技術の確立を目指す研究開発領域。主に魚介類の育種（品種改良）、飼料開発および魚病・寄生虫対策を対象とする。
	畜産	畜産を支える家畜育種技術とその基盤となる生殖工学技術、および生産の持続性や環境負荷低減など新たな価値観に基づく生産技術開発を対象とする領域。
	林業	林業に関わる研究開発のうち、木質バイオマスの生産に関するもの、さらにはデジタル化した森林情報やICTを活用したスマート林業を対象とする領域。
	免疫	「ヒトが疫病（感染症）から免れる仕組み」としての理解に端を発し、その詳細なメカニズムの研究、および医療応用を目指す領域。感染症、がん免疫、移植免疫などの観点で重要。

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（ライフ・医学）

分野	研究開発領域	概要
ライフサイエンス・臨床医学 (36)	生体時計・睡眠	「時間情報」を巡る精巧かつ柔軟な体内時計の秩序だった動作原理から健康・疾患への展開までを包含する研究開発領域。体内時計と、睡眠、生活習慣病、栄養、老化、ストレス、免疫などとの、分子レベルでの解明が始まりつつあり、健康・医療への応用も期待される。
	老化・寿命	老化・寿命の基本メカニズムおよび老化関連疾患の解明と制御を目指して、細胞レベルから個体レベルまでの研究開発を推進する研究開発領域。
	マイクロバイオーム	常在細菌を中心に各組織に常在する微生物叢（マイクロバイオータ）とそれが持つ遺伝子を解析し、そのバランスの破綻がいかなる疾患・健康被害をもたらすかを理解することで、健康維持や疾患治療に応用する研究領域。
	感覚器	視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚（いわゆる五感）およびに痛覚や痒覚など特異的感覚の生理的および病理的基礎研究、感覚器障害による生活の質（QOL）の低下を克服する研究や感覚の異常と様々な疾患、生理機能、脳との関連機構、さらにその原理の理解に基づく医療デバイス開発の研究などを対象とする領域。
	脳・神経	基礎生命科学の一分野であるとともに、精神・神経疾患を対象とする医学、さらに心理学・教育学・経済学・倫理学等の人文社会科学、そして人工知能を扱う数理科学等、多彩な学問をカバーする学際領域。
	臓器間協調メカニズム	各臓器間の協調メカニズムを解明することで、個体の恒常性維持機構という生物の根本原理に迫り、さらに、その破綻による疾患の病態を解明することで、疾患の予防・治療技術の開発を目指す研究開発領域。
	マイクロバイオーム	常在細菌を中心に各組織に常在する微生物叢（マイクロバイオータ）とそれが持つ遺伝子を解析し、そのバランスの破綻がいかなる疾患・健康被害をもたらすかを理解することで、健康維持や疾患治療に応用する研究領域。
	感覚器	視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚（いわゆる五感）およびに痛覚や痒覚など特異的感覚の生理的および病理的基礎研究、感覚器障害による生活の質（QOL）の低下を克服する研究や感覚の異常と様々な疾患、生理機能、脳との関連機構、さらにその原理の理解に基づく医療デバイス開発の研究などを対象とする領域。
	脳・神経	基礎生命科学の一分野であるとともに、精神・神経疾患を対象とする医学、さらに心理学・教育学・経済学・倫理学等の人文社会科学、そして人工知能を扱う数理科学等、多彩な学問をカバーする学際領域。
	臓器間協調メカニズム	各臓器間の協調メカニズムを解明することで、個体の恒常性維持機構という生物の根本原理に迫り、さらに、その破綻による疾患の病態を解明することで、疾患の予防・治療技術の開発を目指す研究開発領域。

参考5 俯瞰報告書における研究開発領域の概要（ライフ・医学）

分野	研究開発領域	概要
ライフサイエンス・ 臨床医学 (36)	遺伝子発現機構（RNA・エピゲノム・クロマチン）	ゲノム、RNA、エピゲノム、クロマチン高次構造の視点から、多種の医学・生物学現象の遺伝子的あるいはゲノム的基盤を明らかにすると同時に、プロセッシング、修飾、翻訳といった分子レベルで構造・機能の相関や生理機能ネットワークを解明する領域。
	細胞外微粒子・細胞外小胞	外部から侵入（外因性）または体内で発生（内因性）し、含有されるDNA、RNA、タンパク質、脂質などが他の細胞に受け渡されることで1細胞レベルを越えた様々な細胞間情報伝達を担うとされる細胞外微粒子について、機能解析やバイオマーカーとしての探索を推進する研究開発領域。
	一細胞オミクス	一細胞ごとにゲノム、エピゲノム、トランスクリプトーム、プロテオーム、メタボロームなどのオミクスを計測・解析する技術の総称。細胞には個性と多様性がありながら、全体として秩序が保たれており、個と全体の両者を見られれば、病気を引き起こす仕組みなどがより精緻にわかると期待されている。
	ゲノム編集・エピゲノム編集	人工のDNA切断酵素（ゲノム編集ツール）を用いて標的遺伝子に塩基配列特異的なDNA二本鎖切断（Double-Strand Break : DSB）を誘導し、その修復過程を利用して正確に遺伝子を改変する技術であるゲノム編集やDNAやヒストンの修飾酵素のドメインを連結することによって特異的にエピゲノム情報を改変する技術であるエピゲノム編集を対象とした研究開発領域。
	オプトバイオロジー	生命現象を光照射で自由自在に操作するための技術の総称。例えば光刺激を与えて特定の神経細胞の特定の遺伝子の働きを光操作することで、生体内で生じたゲノムや遺伝子の異常（変異や欠失など）がどのように様々な疾患に繋がるのかの解明などが期待できる。
	ケミカルバイオロジー	ケミカルバイオロジーとは、化学を基盤とした生命科学研究であり、タンパク質や核酸などの生体分子やそれらが制御する分子プロセスを「可視化」あるいは「操作」する化学ツールを開発し、種々の生命現象や疾患の分子レベルでの作用機序解明ならびに制御を目指す領域。
	合成生物学（人工生体高分子・人工細胞合成）	合成生物学は、生体高分子を組みあわせることを研究手段とする研究開発領域。ゲノム編集技術などにより細胞をリデザインするもの（top-down）と、主として細胞を構成する生体分子やそれに改変を加えた分子を用いて、現在の生命の規格を超えた人工生体高分子、ないしは細胞の機能・性質の一部を持つ人工の分子システム（人工細胞）を構築するもの（bottom-up）に大別され、本領域では後者を対象とする。
	生体分子構造解析	生体分子の原子の空間的配置を決定することでそのかたちや機能を理解するための学問。生体分子の立体構造情報は、生命の複雑な仕組みを理解するためだけでなく、創薬など応用的な産業分野においても非常に有用な価値を持つ。
	光学イメージング（バイオ）	細胞や動植物の組織の構造、細胞や動植物個体内で働く生体分子、および細胞内・細胞間シグナルの根幹をなす生体分子の相互作用や化学修飾を、時間的・空間的に可視化する基盤技術の開発を目的とした研究開発領域。