

（付録 1）専門用語解説

本報告書における重要な用語について解説する。なお、見出しに*をつけた用語は、本報告書における造語である。

2. 俯瞰対象分野の全体像

Reality 2.0*

現在の物理世界を Reality1.0 と呼ぶとすると、物理世界とサイバー世界の融合の進展により、二つの世界が融合して一つの有機体として機能する新しい実体世界を Reality2.0 と呼ぶ。Reality2.0 の社会においては、社会・産業の構成要素が機能コンポーネントとして提供され、動的にそれらの機能コンポーネントを構成し、仮想的な経済単位や社会構成要素が形成される。さらに価値の所在がモノから、モノと融合したサービスやどのエコシステムに位置づけられるかという関係性に存在するようになる。

スマートコモンズ (Smart Commons) *

Reality2.0 の社会において IT により実現される社会サービスを支えるサービスプラットフォームは社会共通資本 (commons) と位置づけられる。この社会共通資本を社会インフラとして開発・維持・管理・運用していくことが必要になる。プラットフォームを実現するためには機能のサービス状況を常時モニターし、その使われ方によって精算された価値の再配分を行うモデルやシステム構築の研究が必要になる。

オープンデータ (Open Data)

行政機関、大学、企業等の保有するデータのうち企業や一般の市民まで広く活用ができるよう公開されたもの。これらの活用により、行政の透明性の向上、他のデータとも組み合わせることによる新ビジネス創出、企業活動の効率化などを目指している。科学データのオープン化も進みつつあり、論文等の科学的知見の第三者による検証、異分野融合による新たな知の創出などを目的としている。

ソーシャルネットワーキングサービス (Social Networking Service, SNS)

インターネット上で個人や組織が相互に交流する場を提供するサービスやサイトのこと。米国発祥の Twitter や Facebook などが全世界を席卷しているが、微博 (中国) や、mixi (日本) など、特定の国でシェアの高いサービスもある。当初は趣味や興味など限定された使われ方が主流であったが、東日本大震災時の災害情報の流通、あるいは、アラブ社会での情報伝達など、社会に大きな影響を与える存在になっている。また、スマートフォンの普及に伴い、生成されるコンテンツもテキストだけでなく画像や動画などへと種類が拡大している。

知のコンピューティング (Wisdom Computing) *

知の発見と伝播・活用を促進し、科学的発見や社会への適用を加速するための活動全般を指す造語。過去と現在行われている科学技術の巨大な研究投資の成果の集積と共有・活用による、新たな科学的発見の加速や、最先端の専門知識の効果的な実務家や市民へ提供、ソーシャルコミュニティの力で未解決問題の解決や社会コストの削減、さらには、人類知の向上を図る。H26 年度には JST にて戦略的創造研究推進事業 (CREST) が開始した。

IoT (Internet of Things)

パソコンやサーバー、携帯電話などの情報・通信機器だけでなく、家電製品や自動車、機械など、様々なモノに通信機能を持たせ、インターネットに接続し、モノの制御や周囲の状況の計測などを行うこと。人、モノ、コンピューターなどが有機的に結合することによって、社会、経済、産業の効率化と付加価値の向上を実現する。

CPS (サイバーフィジカルシステム、Cyber Physical Systems)

ネットワーク化されたコンピューティングによる処理と物理的な要素が統合されたもの。実世界や人間から得られるデータを収集・処理・活用し、社会インフラの効率化、新産業の育成、知的生産性の向上などに資すると期待されている。

ELSI (Ethical, Legal and Social Issues/Implications)

科学の進歩に伴って生じる倫理的、法的、社会的課題。知のコンピューティングでは、例えば、機械が下した判断に対する責任の所在、人々の心や思想を本人の意思とは無関係に勝手にモニタリングすることに対するプライバシーの取扱い、人々の思想や行動を恣意的に特定の方向に誘導する危険性にどのように対応して回避していくかといった課題などが考えられる。

仮想化 (Virtualization)

仮想化とは、ひとつの物理リソース（プロセッサやメモリー、ディスク、通信回線など）を複数の論理リソースに見せかけたり、また逆に、複数の物理リソースをひとつの論理リソースに見せかけたり、することで、コンピューターのリソースを抽象化することである。ディスクやPC、サーバーなどのコンピューターの仮想化技術の普及が進み、SDN (Software Defined Network)などのネットワークの仮想化、SDDC (Software Defined Data Center)などのデータセンターの仮想化、SDE (Software Defined Environment)などのICTインフラストラクチャー全体の仮想化など、仮想化がICTシステム全体に広がってきている。

第4の科学 (the fourth paradigm of science)

ネットワークを介して収集される大規模で複雑なデータに基づく実証的な科学研究手法であり、データ中心科学 (Data-centric Science) とも呼ばれる。従来の科学研究であった実験科学、理論科学に対し、20世紀後半にシミュレーションを中心とした計算科学 (第3の科学) が確立したが、21世紀に入りICT技術の飛躍的進歩やビッグデータの出現によって、新しい科学研究の方法論が確立されつつある。

3D プリンティング (Three-dimensional Printing)

3次元の形状データを設計図として断面形状の積層や切削により立体的な形状を成型するプロセスの総称。積層プロセスには、液状の樹脂の紫外線硬化や溶融樹脂の積層など多様なバリエーションがある。近年、3Dプリンティングのための機器 (3Dプリンタ) や形状データが市場に安価あるいは無料で出回り、個人が複雑な形状の製品を簡単に製造できるようになりつつある。

3.1 基礎理論

離散構造 (Discrete Structure)

集合、関係、論理、証明、グラフ（点とそれらを結ぶ線によって表される対象）、組合せ、順列などの離散的な数学的概念の総称。現代のコンピューターのハードウェアおよびソフトウェアは、0/1 の二値に代表されるような離散構造を基礎として構成されている。コンピューターが扱うあらゆる問題は、単純な基本演算機能を要素とする離散構造として表現することができるので、情報構造の数理定式化に広く用いられている。例えば、組合せ最適化問題はある離散構造の中で特定の条件を満たすものを探索する問題であるが、探索空間（対象となる離散構造の集合）が非常に大きいため、効率的な高速アルゴリズムの開発が望まれている。

計算複雑度 (Computational Complexity)

与えられた計算問題に対し、どこまで効率の良く計算できるかを示す尺度のこと。計算アルゴリズムの性能を評価する基準のひとつとして用いられており、計算時間に関する問題の難しさ（どの程度の計算コストで計算可能か？）を計る指標である。計算複雑度を探求することは、計算の本質としての「計算限界」を追求することであり、その成果は、革新的なアルゴリズムや新たな計算機構の創出にもつながるだけでなく、情報セキュリティの安全性の拠り所となる基礎理論を提供することになる。

巨大グラフ (Large Graph)

10 億人程度のユーザーが利用している巨大なネットワーク（インターネットの Web や Facebook、Twitter などのソーシャルネットワーク）を膨大な「頂点（ノード）」と「辺」の接続構造（グラフ）として表現したもの。ネットワークの中にいるユーザーは「ノード」であり、各ユーザー間に生まれた人間関係は「辺」として表現される。巨大グラフを解析することにより、ネットワーク内での「情報伝達」が明らかになり、「コミュニティ形成の動向」が明らかになるが、巨大グラフはリアルタイムで変化・膨張し続けているので、その解析には効率的な高速アルゴリズムが必要である。

3.2 デバイス／ハードウェア

Trillion Sensors Universe

毎年 1 兆個のセンサーを活用する社会のこと。米国シリコンバレーの起業家が提唱し、2013 年に米国で本格的な活動が始まっている。あらゆるものにセンサーを取り付け、取得されたデータを解析することにより、日常的なヘルスケア、流通・物流の効率化、社会インフラの効率的な運用など、社会や経済活動に役立てることを目的としている。

エネルギーハーベスト (Energy Harvest)

光、電磁波、振動、熱などの微小エネルギーを電力に変換し、活用する技術のこと。容易にアクセスや交換することが困難な体内埋め込み、構造物埋め込み型などのセンサーネットワークの自立電源などへの利用が期待されている。米国 GE 社の予測によると、エネルギーハーベスト関連産業が 2012 年からの 20 年間に世界で 1200 兆円超の付加価値をもたらすと報告されている。

量子コンピューティング (Quantum Computing)

物理状態の重ね合わせという量子力学の基本原理を利用して高速に計算する次世代コンピューティング技術のこと。理論的なアイデアは1982年にR. P. Feynmanによって提案されたが、1990年代に入ってから実用化に向けた基礎研究が急速に発展した。最近、量子アニーリング法を用いて組合せ最適化問題を効率的に解くことのできる世界初の商業用量子コンピューターをカナダのベンチャー企業D-Waves社が開発し注目を集めている。

3.3 通信とネットワーク

SDN (Software Defined Network)

ネットワークの構成、機能、性能などをソフトウェアの操作だけで動的に設定、変更できるネットワーク、あるいはそのためのコンセプトのこと。ネットワーク仮想化 (Network Functions Virtualization: NFV) はその応用の一つ。SDNによって、機器の制御機能とデータ転送機能を分離し、制御機能をソフトウェアによって集中管理することで、機器ごとの動作を柔軟に設定することが可能になる。アウトカムとしては、提供するサービスごとにネットワーク機能を切替えたり、障害が発生した場合でも一定の機能を維持したりといったことが実現可能となる。

QoE (Quality of Experience)

情報通信技術の急速な進歩により多様性を増している様々な通信サービスに対して、ユーザーが感じるサービス品質のこと。国際機関であるInternational Telecommunication Union (ITU) において、2007年1月にQoEの定義が定められた。多様なサービスの品質を確保しつつより効率的な通信ネットワークの設計・制御・運用を行うには、ユーザーがどのように通信サービスを利用し、何を体験し、どのように感じて行動するかを分析・理解することが重要となっている。

3.4 ソフトウェア

プログラミングモデル (Programming Model)

コンピューターのプログラムの表現手段。アルゴリズムをどのように記述し、実行するかということの規定する。具体的にはプログラミング言語そのものである場合もあれば、ライブラリーないしはフレームワークである場合もある。時代と共に変化しており、近年では、大規模並列計算のためのプログラミングモデルや、大規模データ処理のためのプログラミングモデルの研究が盛んである。

DevOps (Development and Operation)

環境変化に応じて情報システムの提供する機能を俊敏に変更できるソフトウェア開発手法の一種。開発 (Development) と運用 (Operation) の担当者が協力して開発に当たることで変化に対応した非常に頻度の高いシステム変更が可能となる。デブオプスと読む。

UX (User Experience)

製品やシステム・サービスを使用するときのユーザーの知覚や反応。ユーザー経験とも言う。ユーザインタフェースという言葉が製品やシステムの視点でそれらを把握するのに対し

て、UX ではユーザー個々人の視点で製品やシステムの使い勝手や満足度の総体を捉える。

3.5 IT アーキテクチャー

Software Defined X*

「Software Defined」とは、手作業ではなく、ソフトウェアで定義・制御する環境を実現する、という意味で、より柔軟かつ迅速に、制御可能な ICT インフラストラクチャーを実現できる。ソフトウェア定義が実現できれば、これまで利用までに数日かかっていたコンピューターをすぐに利用でき、また、管理者が手作業で行っている煩雑な変更作業を自動化し運用負荷を低減できる。これにより、ビジネス環境の変化への更なる対応力を実現できる。

クラウドコンピューティング (Cloud Computing)

アプリケーションの実行を、インターネットなどのネットワーク上のサーバーで行うシステムの利用形態のひとつ。システム構成図においてインターネットを雲（クラウド）形で表現することからこう呼ばれる。それ以前の利用形態と比べて計算機資源が所有から利用へ変化したといわれる。米国アマゾンが自社のデータセンターを Amazon Web Service として一般向けに安価に賃貸するサービスを開始したことから急速に全世界に広まった。

HPC (High Performance Computing)

高性能計算。単位時間当たりの計算量が膨大で、高い性能を必要とする計算処理。自然科学分野のシミュレーションに用いられることが多い。「高性能」は単に高速度であるという意味に留まらず、精度、利用技術、表現技術などといったコンピューティングシステムの高度な要素技術をすべて含むものと考えられ、計算科学のために必要な数理からコンピュータシステム技術にまで及び、これらの処理を行うコンピューターはスーパーコンピューターまたはハイパフォーマンスコンピューターと呼ばれる。

3.6 IT メディアとデータマネジメント

ユーザー生成メディア (Consumer Generated Media, CGM)

不特定多数あるいは限られたコミュニティのメンバーが発信する情報(テキスト、画像、音声、動画)で不特定多数あるいはコミュニティのメンバーがアクセスすることができる。かつての消費者は企業から提供される商品やサービスを一方的に消費する存在であったが、誰もが参加でき双方向的な情報発信技術により、商品やサービスに対する評価を行ったり、自らの創作物を発信したりするようになった。匿名性の高い掲示板から比較的匿名性の低いソーシャルネットワーキングサービス (SNS) まで様々なものがあるが、情報の信頼性や速報性などの点で情報の質の比較的高いものもあり、社会の活動を捉えたソーシャルセンサーとして、そこから新たな価値を生み出そうとする取り組みも進められている。

コンテキスト (Context)

情報科学技術の活用により「いまだから、ここだから、あなただから」という適時適切なサービスの提供を実現するためには、利用者からの明示的なサービスの要求だけでなく、利用者のおかれている状況（位置、運動状況、気分、その他の生体情報など）や周囲の状況（ランドマーク、他の人の存在、気象など）を把握し、状況にあわせて提供するサービスを選択

することが必要となる。こうした明示的な要求以外のサービス選択の根拠となる情報をコンテキストという。コンテキストの取得には、受動的にセンシングするだけでなく必要に応じて利用者とインタラクションして曖昧性を低減・顕在化させることも重要である。

データマイニング (Data Mining)

大量のデータから、それまで知られてなかった特定の意味や情報を発掘（マイニング）すること。具体的には、典型的なパターンやクラス分け、そこに含まれない外れ値の検出、回帰分析など。古典的には、数値や文字列を対象にしていたが、データの多様化に伴い、グラフ解析・マイニング、データストリームマイニングなど、様々な形態のデータを扱う研究開発が盛んに行われている。

3.7 人工知能

IBM Watson

IBMが開発した人工知能コンピューター。自然言語で記述された問題に対して短時間で回答する。2011年にクイズ番組（Jeopardy!）で人間のチャンピオン二人と対戦して勝利を収めたことで有名になった。深い言語処理の成功例である。医療診断支援などの現実的問題解決サービスへの応用が進められている。

機械学習 (Machine Learning)

あらかじめルールやプログラムを明示的に与えるのではなく、具体例などをデータとして与えることで、具体例に含まれない新たなデータに対してもコンピューターが適切な処理を行えるようにする技術。ニューラルネットや分類器など多様な技術がある。近年ではスマートフォンの音声アシスタントなど様々なサービスに組み込まれて活用されたり、大量データからのルール発見といった目的にも使われようになっている。

LOD (Linked Open Data)

大規模な Web 上で公開されたオープンデータを意味的關係を表すグラフ構造で構造化したもの、あるいは、その利活用技術。世界規模の「データの Web」における意味的關係に基づく処理の実現を目指している。Knowledge Graph とも呼ばれる。

汎用人工知能 (Artificial General Intelligence, AGI)

人間のように十分に広範な適用範囲と強力な汎化能力を持つ人工知能。現在実用化されている人工知能が「特定」の問題領域に限定されて使用されるのに対して、あらゆる問題領域に対応しうるため「汎用」と呼ばれる。これまで困難と見られていたが、最近の深層学習技術の進展などを契機として今後のイノベーションが期待される領域である。

3.8 ビジョン・言語処理

深い意味理解 (Deep Understanding)

事象間の因果関係や意図の構造の解析に関する研究。現状では、コンピューターで比較的扱いやすい言語を対象にした情報分析、特にソーシャルメディア等での社会的な動きや言論を把握、活用する研究が盛んである。一方で、「百聞は一見にしかず」いうように、人間にとって情報豊富で意味内容も容易に理解可能な画像・映像を対象とした意味理解は、コンピュ

ーターにとってはいまだに大きな課題である。

音声エージェント (Voice Assistant)

質問応答など人間と音声による自然なやり取りを実現する音声対話システムの一つ。近年、スマートフォンの普及とクラウド型の音声認識により、Apple の Siri、Google の Google Now、Microsoft の Cortana、NTT ドコモの「しゃべってコンシェル」など商用の音声エージェントサービスが次々とリリースされ一定の支持を得ている。

統計的機械翻訳 (Statistical Machine Translation)

統計モデルに基づき二言語の対訳データから自動的に機械翻訳システムを構築する技術。初期の機械翻訳は、構文解析、構造変換、生成といった過程をモデル化し、言語の専門家が知識を記述することで実現したためコストがかかった。これに対し、統計的機械翻訳は、自動的に機械翻訳システムを構築するので、新しい言語対や分野への適応が短期間かつ低コストで実現可能になった。

3.9 インタラクション

BMI (Brain Machine Interface)

脳内情報を直接読み取って外部機器の制御信号として用いたり、センサーによって取得された環境情報に基づいて脳の特定部位を刺激したりする、脳と機械の直接的なインターフェース全般。これまでは主に、けがや疾病によって失った脳機能を補綴 (ほてい) するために、ロボットアーム、センサー、メモリーを脳に接続し、それらを身体化させる研究が進められてきたが、今後はその発展系として、健常成人に対する身体行為の増強や知的情報活動の支援をする開発が進む。

触覚 (Haptics)

人間の触覚に関する研究。当初は遠隔操作ロボットの触感伝送や、仮想現実の触感生成を主な目的としていたが、近年はモバイル機器の操作性を高めるための振動フィードバックをはじめ、エンターテインメント、コミュニケーション、スポーツ、健康支援など、幅広い応用への関心が高まっている。ウェアラブル機器やロボティクスへの応用も期待される。

ウェアラブルコンピューティング (Wearable Computing)

身体にコンピューターを装着して利用する情報機器の新たな形態。ヘッドマウントディスプレイや眼鏡、腕時計、指輪など様々なデバイスが検討されてきたが実用には遠かった。2012年に Google Glass が発表された状況が一変した。超小型、高性能、高機能かつスマートなデザインで従来の課題を解決したものの、新たにカメラ利用の社会的問題を引き起こし販売中止となった。今後は Apple Watch や Google Wear などの動向が注目される。

人間拡張工学 (Human Augmentation Engineering) *

人間が生得的に有する感覚機能、運動機能、知的処理機能を物理的、情動的に補償・拡張することを目指す新たな研究開発領域。機器や情報システムを自らの手足のように自然に利用する「人機一体」を実現するため、メカトロニクス、ロボット工学、センサー工学、ディスプレイ技術、人間工学、ウェアラブル技術、インタラクション技術を有機的に統合した技術領域であり、我が国が得意とするハードウェアとソフトウェアの融合技術でもある。

3.10 ビッグデータ

ストリームデータ処理（Stream Data Processing）

センサーや GPS 情報など、刻一刻と生成されるデータを対象として高速な処理を行う技術。従来、データベースなどに保存された過去のデータを処理していたのに対して、ストリームデータ処理は、リアルタイムに発生し、爆発的に増加する大量のデータを、リアルタイムに処理する。複合イベント処理（Complex Event Processing）とも呼ばれ、ビッグデータの出現により重要性が高まり研究開発と産業化に向けた開発が盛んである。

圧縮センシング（Compressed Sensing）

圧縮センシングは、対象となる信号をできるだけ少ない観察から復元する技術である。圧縮技術の多くは、一旦観察信号を大容量のデータとして取得した後に圧縮するが、圧縮センシングは観察と圧縮を同時に行い、効率的にデータの取得を行うため、大容量で冗長なデータ取得を制限できる利点がある。

分散処理基盤技術（Distributed Processing Platform Technology）

ビッグデータを活用するためには、分析手法だけでなく、分析するためのデータを収集・蓄積する仕組み（基盤）が必要になる。ビッグデータは既存のデータと比べて量が多いだけでなく、生成頻度が高く、データの種類・形式が多様であるという特徴がある。こういった特徴のあるデータは、従来のデータベースなどでは扱うことが困難である。蓄積されたデータを対象にするのか、時々刻々と生成されるデータを対象とするのか、によって分散処理基盤技術が異なっており、代表的な技術として、前者では NoSQL、BigQuery、MapReduce、Spark、GraphLab などが、後者では Storm や Jubatus などがある。

オプトイン、オプトアウト（Opt-in, Opt-out）

「オプトイン」とは"同意しない限り拒否している"と見なす"という意味で、一方、「オプトアウト」は"拒否しない限り同意しているものと見なす"という意味である。日本はオプトインの国であるが、米国のようにオプトアウト方式であれば、著作物を使用する場合、フェアユースと絡めて、許諾の範囲、引用の範囲と判断できれば、直接著作者に当たらなくても使用でき、著作物の2次利用の自由度が増すことになる。

3.11 CPS/IoT

M2M（Machine to Machine）

Machine-to-Machine Communication（マシン間通信）のこと。人間ではなく、モノ同士が通信し、情報を交換する。センサーによる情報収集が多かったが、モノの制御にも使われるようになってきた。さまざまな機械の制御や、自動車などからの情報収集、電力使用状況のモニタリングや制御に使われる。比較的少量のデータが頻繁にやり取りされるなど、人間同士の通信とは異なった特性を持つことが多い。

センサーネットワーク（Sensor Network）

周囲の状況を把握するために、温度や湿度、圧力などさまざまなセンサーが接続されたネットワークのこと。人々の行動や生産活動、経済活動などを円滑かつ効率的に行なうことが可能になる。電気やガスの自動検針、農作物の環境、人間の見守り、地球環境のモニタリングなどさまざまな分野で用いられる。

Industrie 4.0

ドイツで実施されている、製造業高度化に向けた産官学共同のアクションプランのこと。生産拠点としてのドイツの未来を確実なものにするため施策であり、製品輸出、および製造技術輸出のデュアル戦略であり、CPS (Cyber-Physical Systems)でネットワーク化された「考える工場」の実現を目指している。

Industrial Internet

情報と機械を融合させ、製造業のイノベーションをもたらそうとするコンセプト。米 GE 社が提唱している。ジェットエンジンや発電機などの工業製品、製造設備などをインテリジェント化し、高度な分析によって高い経済的価値を得ようとしている。多数の企業がコンソーシアムに参加し、IoTのリファレンスアーキテクチャの策定などを行なっている。

3.12 知のコンピューティング

集合知 (Collective Intelligence)

意識的あるいは意識されない形での人々の共同作業により生み出される知。Wikipedia は変化し続ける事物についての集合知を活用して形成された巨大な百科事典である。また、市民参加による銀河の分類など科学的発見へ貢献する取組みなどもある。オープンソフトウェア開発も集合知を活用する例といえる。参加を促す仕組み、知の集積と構造化の手法などが研究対象となっている。

クラウドソーシング (Crowd Sourcing)

ITを活用して不特定多数の人（群衆）に仕事を委託すること。群集 (Crowd) と外部委託 (Outsourcing) を合成した言葉である。WWW上に構築されてソーシャルメディアと通じたクラウドソーシングをソーシャルソーシングと呼ぶこともあるがほぼ同義である。事例としては、Wikipedia (百科事典) に代表される非営利活動から、Amazon が提供する産業向けのプラットフォーム上の営利活動まで多数出現してきた。また、東日本大震災のときに災害関連情報の収集がボランティアベースで行われたがこれもクラウドソーシングの一例といえる。

メカニズムデザイン (Mechanism Design)

ミクロ経済学やゲーム理論からの知見を活かして、現実の市場や社会制度など複数の自律的な主体が異なる目的を持って相互作用する場における主体間の合意形成のルールなどを設計すること。社会実装の例として、検索連動広告の第二価格オークション、周波数割当の組合せオークションなどが挙げられる。

3.13 セキュリティー

デジタル・フォレンジック (Digital Forensic)

例えば、コンピューターへの不正侵入があった場合に、その侵入手口や経路の捜査に必要な情報を明らかにする技術。またそれらの情報の保全や、改ざんなどに関する分析や情報収集も行なう。法的紛争や訴訟あるいは捜査において、事実を解明するために有用な技術である。

サイバー攻撃（Cyber Attack）

攻撃目標となるコンピューターに侵入し、不正にデータを入手したり、改ざんや破壊を行ったりすること。あるいは、相手のシステムを機能不全に落とし、業務を妨害することもある。最近では、特定の標的を狙ったり、経済的な目的を持っていたり、あるいは、制御システムを対象とした攻撃が現れている。

ID 連携（Identity Federation）

インターネット上のサービスは単一のサイトのみによって提供されるのではなく、直接サービスを提供するサイト以外で認証を行うような複数のサイト間における認証連携が行なわれる。そのために、複数のサイトに散在する属性情報を流通させる技術が必要となる。ID 連携技術は複数サイト間で認証情報を連携させ、属性情報を流通させるための技術である。

レジリエンシー（Resiliency）

環境の大きな変動に対して、システムが抵抗してその機能を維持するとともに、万一機能を失った場合でも早急にその障害から柔軟に回復することができる、強靱でしなやかな能力のこと。その能力が情報システムに備わることにより、障害を未然に予測してシステム障害に至る致命的なエラーを回避するとともに、万一障害に陥った場合でも早急にシステムを復帰させることが可能となる。

（付録 2）検討の経緯

俯瞰報告書 2015 年版は報告書全体としての打ち出すべきメッセージ、各俯瞰区分における技術の流れやそれぞれの研究開発領域の抽出に至った必然性を表現することを重視して検討・編集を行った。

このため 2013 年版を検討・編集の際に行った社会的期待・課題の抽出を発展させ、技術、経済、社会・環境、人間・文化の多面的観点からトレンドを抽出するとともに、そうしたトレンドの下での情報科学技術における挑戦課題の明確化を行った。これら挑戦課題に取り組むとともに社会的・経済的インパクトをもたらす重要な研究開発のポートフォリオとして戦略レイヤーを定義して、情報科学技術の全体像を捉えた。このような方針を検討の初期段階で明確にして編集を進めた。一方で基盤レイヤーにおける萌芽的な取り組みの中で、今後、科学技術、社会経済、日本に大きな影響を与える可能性のあるものを抽出するための試みとして俯瞰インプリケーションワークショップを開催した。

また、同時期に第 10 回未来科学技術予測のとりまとめが NISTEP により進められており、第 5 期科学技術基本計画の策定も見据え、情報科学技術分野の今後の方向性に係るメッセージが整合性のあるものとなるよう俯瞰区分の設定などについて連携しながら検討・編集を進めた。

以下に具体的な検討の経緯を記す。

1) 特任フェロー会議

2014 年度は特任フェロー会議を 4 回開催し、識者の意見を踏まえ俯瞰報告書を取り纏めた。

①第 1 回特任フェロー会議

2014 年 6 月 24 日（火）15 時～18 時 東京本部別館 2 階 E 会議室
俯瞰区分（案）を議論。NISTEP 未来科学技術予測と連携することとした。

②第 2 回特任フェロー会議

2014 年 8 月 26 日（火）15 時～18 時 東京本部別館 2 階 F 会議室
俯瞰区分の定義、取り扱う研究開発領域、区分俯瞰図の議論。

③第 3 回特任フェロー会議

2014 年 11 月 20 日（木）15 時半～18 時 東京本部別館 4 階 A 会議室
第 2 章 分野の全体像の構成案を議論。また、俯瞰インプリケーションワークショップの実施計画を議論。

④第 4 回特任フェロー会議

2015 年 2 月 5 日（木）13 時～18 時 東京本部別館 2 階 A1 会議室
下記 2 の俯瞰インプリケーションワークショップを実施。

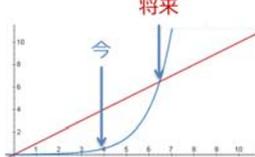
2) 俯瞰インプリケーションワークショップ

研究開発の「結果として生じる影響」や「結果として意味すること」を”研究開発のインプリケーション”と呼び、2020～2030 年における、科学技術、社会経済、日本の 3 つのステークホルダーの視点で捉えることで、俯瞰から今後の戦略立案に向けた橋渡しを試みた。

インプリケーションとは

研究開発のインプリケーションは、研究開発の「結果として生じる影響」や「結果として意味すること」であり、今回は、**2020～2030年**における、**科学技術、社会経済、日本(国益)**のステークホルダーの視点で捉える

- ① 俯瞰報告書から将来をプロジェクションし、今は小さいが5～10年後にブレイクするトレンドを見つける
- ② トレンドの結果、こうなるに違いないというシナリオを複数（楽観/悲観など）書き出す際、Point of No Returnがあれば明記
- ③ ステークホルダーごとにシナリオの意味（インプリケーション）を言語化する
- ④ ステークホルダーは、インプリケーションから自己の戦略を立案する
Cf. インプリケーションは制御できないが、戦略は制御できるもの



インプリケーションの例★
1997年頃、かなりのIT技術が“Good enough”になると予測（シナリオ）、そのため、PC、ストレージ、ディスプレイ事業の急激なビジネスモデルの変化が訪れるとの判断（インプリケーション）に基づき施策をとった（戦略）

日時：2015年2月5日（木）13時～18時 東京本部別館2階A1会議室
 オーガナイザー：岩野和生（CRDS）

【プログラム】

13:00～13:15 趣旨説明とオリエンテーション
 13:15～14:20 ポジショントーク

CRDS 作成の各俯瞰区分のインプリケーション例の発表（15分）
 特任フェロー、区分総括からの発表（各5分）
 NISTEP からの発表（10分）

14:30～16:00 グループワーク（90分）

グループごとに重要トレンドとそのインプリケーションを討議。具体的には以下のよう
 に議論を進めた。

- ①俯瞰報告書から将来をプロジェクションし、今は小さいが5～15年後にブレイクする
 トレンドを見つける
- ②トレンドの結果、こうなるに違いないというシナリオを複数（楽観・悲観など）書
 き出す。この際、Point of No Return があれば明記する
- ③ステークホルダーごとにシナリオの意味（インプリケーション）を言語化する
- ④ステークホルダーは、インプリケーションから
 自己の戦略を立案する

＜グループ分け＞

- ①人工知能+ビジョン・言語+インタラクション+
 知のコンピューティング
 （リーダー：山口高平、黒橋禎夫、萩田紀博）
- ②ビッグデータ+CPS / IoT+IT メディアとデータ管理+
 基礎理論
 （リーダー：田中克己、喜連川優、森川博之、岩野和生）



付
録

| |
|---|
| ③IT アーキテクチャー＋ソフトウェア＋セキュリティー （リーダー：丸山宏、徳田英幸、柴山悦哉） ④デバイス・ハードウェア＋通信とネットワーク （リーダー：村田正幸、志度昌宏、竹内健） 16:00～17:50 グループワーク発表と全体討議 各グループの発表と質疑応答（15分[発表10分、質疑5分]×4グループ） 全体討議（50分） 17:50～18:00 まとめ |
|---|

議論の結果は、今後、CRDS 内部メンバーおよび外部有識者により議論を深め、戦略プロポーザルとして発刊するなど、政策立案者および各研究者コミュニティへのインプットとすることを目指していく。

【参加者】

| | 氏名 | 所属 | 役職 |
|----|-------|--------------------------------|--------------------|
| 1 | 喜連川 優 | 国立情報学研究所 | 所長 / CRDS 特任フェロー |
| 2 | 志度 昌宏 | インプレス IT Leaders 編集部 | 副編集長 / CRDS 特任フェロー |
| 3 | 竹内 健 | 中央大学 理工学部電気電子情報通信工学科 | 教授 / CRDS 特任フェロー |
| 4 | 徳田 英幸 | 慶應義塾大学 環境情報学部 | 教授 / CRDS 特任フェロー |
| 5 | 丸山 宏 | 統計数理研究所 | 副所長 / CRDS 特任フェロー |
| 6 | 森川 博之 | 東京大学 先端科学技術研究センター | 教授 / CRDS 特任フェロー |
| 7 | 山口 高平 | 慶應義塾大学 理工学部管理工学科 | 教授 / CRDS 特任フェロー |
| 8 | 黒橋 禎夫 | 京都大学大学院 情報学研究科 | 教授 |
| 9 | 柴山 悦哉 | 東京大学 情報基盤センター | 教授 |
| 10 | 田中 克己 | 京都大学大学院 情報学研究科 | 教授 |
| 11 | 萩田 紀博 | 国際電気通信基礎技術研究所(ATR) 知能ロボティクス研究所 | 所長 |
| 12 | 村田 正幸 | 大阪大学大学院 情報科学研究科 | 教授 |
| 13 | 田中 宏 | 内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付 | 参事官 |
| 14 | 谷上 博栄 | 内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付参事官付 | 上席政策調査員 |
| 15 | 兵藤 守 | 内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付参事官付 | 政策調査員 |
| 16 | 田中 伸彦 | 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 | 企画官 |
| 17 | 高橋 孝一 | 経済産業省 商務情報政策局情報 セキュリティ政策室 | 室長補佐 |
| 18 | 小笠原 敦 | 科学技術・学術政策研究所 科学技術動向センター | センター長 |
| 19 | 七丈 直弘 | 科学技術・学術政策研究所 科学技術動向センター | 上席研究官 |
| 20 | 稲上 泰弘 | JST 経営企画部 イノベーション企画グループ | 研究監 |
| 21 | 宮田 裕行 | JST 経営企画部 イノベーション企画グループ | 研究監補佐 |
| 22 | 高杉 秀隆 | JST 情報企画部 企画課 | 課長 |
| 23 | 山下 泰弘 | JST 情報企画部 新規事業グループ | 主任調査員 |

| | | | |
|----|--------|-------------------------|--------|
| 24 | 関 浩一 | JST 知的財産戦略センター 知財集約グループ | 主任調査員 |
| 25 | 江森 正憲 | JST 研究プロジェクト推進部 | 副調査役 |
| 26 | 小山 健一 | JST 研究プロジェクト推進部 | 主任調査員 |
| 27 | 私市 光生 | JST CRDS 政策ユニット | 上席フェロー |
| 28 | 吉川 誠一 | JST CRDS イノベーションユニット | 上席フェロー |
| 29 | 松井 くにお | JST CRDS イノベーションユニット | 特任フェロー |
| 30 | 岩野 和生 | JST CRDS 情報科学技術ユニット | 上席フェロー |
| 31 | 鈴木 慶二 | JST CRDS 情報科学技術ユニット | フェロー |
| 32 | 高島 洋典 | JST CRDS 情報科学技術ユニット | フェロー |
| 33 | 土井 直樹 | JST CRDS 情報科学技術ユニット | フェロー |
| 34 | 的場 正憲 | JST CRDS 情報科学技術ユニット | フェロー |
| 35 | 宮下 哲 | JST CRDS 情報科学技術ユニット | フェロー |
| 36 | 茂木 強 | JST CRDS 情報科学技術ユニット | フェロー |

3) 科学技術未来戦略ワークショップ「知のコンピューティングと ELSI/SSH」

知のコンピューティングに含まれるような知的情報処理技術の研究開発が進展し、実社会への適用が進むにつれ、情報科学技術の研究者・技術者においても、倫理的・法的・社会的（ELSI: Ethical, Legal, and Social Issues）視点での考慮が不可欠になることから、人文社会科学（SSH）および情報科学関連の有識者を集め、知のコンピューティングが描く未来像に対して、必要となる ELSI に係る論点を明確化するワークショップを実施した。

| | |
|-------------------------------------|--|
| 日時：2014年9月8日（月）13時～18時 東京本部住宅棟1階会議室 | |
| オーガナイザー：岩野和生（CRDS） | |
| 【プログラム】 | |
| 13:00～13:05 | 開会挨拶 岩野和生（CRDS） |
| 13:05～13:30 | ワークショップの趣旨説明 |
| | 知のコンピューティングと本 WS のねらい 岩野和生（CRDS） |
| | CREST 知的情報処理の概要 萩田紀博（ATR） |
| 13:30～16:30 | 各分野からの論点提供（各講演 15分+議論 5分）×9 |
| <情報科学> | |
| 13:30 | 情報科学、認知科学の観点から 安西祐一郎（日本学術振興会） |
| 13:50 | ユビキタスサービスとオープンデータ ～いくつかの事例と課題～ 徳田英幸（慶應義塾大学） |
| 14:10 | ヒューマンインタフェースの観点から 土井美和子（情報通信研究機構） |
| 14:30 | 情報システム、プライバシー管理の観点から 佐藤一郎（国立情報学研究所） |
| 14:50～15:00 | 休憩 |
| <人文社会科学> | |
| 15:00 | 情報倫理学の観点から 大谷卓史（吉備国際大学） |
| 15:20 | 情報法、個人情報保護の観点から 新保史生（慶應義塾大学） |

| | | |
|-------------|---------------------------------|----------------------|
| 15:40 | 法と倫理の観点から | 小林正啓（花水木法律事務所） |
| 16:00 | 科学技術社会論の観点から | 神里達博（大阪大学） |
| 16:20 | 人と機械の創造的協働とは？ —科学技術政策からの幾つかの視点— | 有本建男（政策研究大学院大学、CRDS） |
| 16:40～16:50 | （休憩） | |
| 16:50～17:50 | 総合討論 | 岩野和生（CRDS） |
| | ディスカッサント：藤山知彦（三菱商事）、黒田昌裕（CRDS） | |
| | 論点1 情報科学の科学者の役割 | |
| | 論点2 SSHの科学者の役割 | |
| 17:50～18:00 | 総合コメント | 萩田紀博（ATR） |
| 18:00 | 閉会 | 岩野和生（CRDS） |

【参加者】

| | 氏名 | 所属 | 役職 |
|----|--------|--------------------------------|---------------|
| 1 | 有本 建男 | JST CRDS | 副センター長 |
| 2 | 安西 祐一郎 | 日本学術振興会 | 理事長 |
| 3 | 岩野 和生 | JST CRDS 情報科学技術ユニット | 上席フェロー |
| 4 | 大谷 卓史 | 吉備国際大学 アニメーション文化学部 | 准教授 |
| 5 | 神里 達博 | 大阪大学 コミュニケーションデザインセンター | 特任准教授 |
| 6 | 小林 正啓 | 花水木法律事務所 | 弁護士 |
| 7 | 佐藤 一郎 | 国立情報学研究所 アーキテクチャ科学研究系 | 教授 |
| 8 | 新保 史生 | 慶應義塾大学 総合政策学部 | 教授 |
| 9 | 土井 美和子 | 情報通信研究機構 | 監事 |
| 10 | 徳田 英幸 | 慶應義塾大学 環境情報学部 | 教授 |
| 11 | 萩田 紀博 | 国際電気通信基礎技術研究所(ATR) 知能ロボティクス研究所 | 所長 |
| 12 | 黒田 昌裕 | JST CRDS | 上席フェロー |
| 13 | 藤山 知彦 | 三菱商事 | 常勤顧問 |
| 14 | 茂木 強 | JST CRDS | フェロー |
| 15 | 岡本 洋平 | 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 | 課長補佐 |
| 16 | 笠川 満 | JST 戦略研究推進部 | 主任調査員 |
| 17 | 茅 明子 | JST 社会技術研究開発センター | アソシエイトフェロー |
| 18 | 私市 光生 | JST CRDS | 上席フェロー |
| 19 | 工藤 真由美 | JST 戦略研究推進部 | 主査 |
| 20 | 芝池 玲奈 | フューチャーセッションズ | セッション・プロデューサー |
| 21 | 鈴木 慶二 | JST CRDS | フェロー |
| 22 | 高島 洋典 | JST CRDS | フェロー |
| 23 | 田中 信彦 | 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 | 企画官 |
| 24 | 土井 直樹 | JST CRDS | フェロー |
| 25 | 野村 恭彦 | フューチャーセッションズ | 代表取締役社長 |

| | | | |
|----|--------|---------------------|------|
| 26 | 福井 克樹 | 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 | 専門職 |
| 27 | 前澤 いずみ | JST 戦略研究推進部 | 調査員 |
| 28 | 前田 さち子 | JST 社会技術研究開発センター | 副調査役 |
| 29 | 前田 知子 | JST CRDS | フェロー |
| 30 | 松尾 浩司 | JST 戦略研究推進部 | 調査役 |
| 31 | 的場 正憲 | JST CRDS | フェロー |
| 32 | 宮下 哲 | JST CRDS | フェロー |
| 33 | 吉川 誠一 | JST CRDS | フェロー |

（付録3）執筆協力者一覧

※五十音順、敬称略、所属・役職は本報告書作成時点

■基礎理論

| | |
|-------|-----------------------------|
| 徳山 豪 | 東北大学大学院 情報科学研究科 教授【総括責任者】 |
| 岩間 一雄 | 京都大学大学院 情報学研究科 教授 |
| 岡本 吉央 | 電気通信大学大学院 情報理工学研究科 准教授 |
| 鹿島 久嗣 | 京都大学大学院 情報学研究科 教授 |
| 河原林健一 | 国立情報学研究所 情報学プリンシプル研究系 教授 |
| 國廣 昇 | 東京大学大学院 新領域創生科学研究科 准教授 |
| 小林 直樹 | 東京大学大学院 情報理工学系研究科 教授 |
| 住井英二郎 | 東北大学大学院 情報科学研究科 准教授 |
| 松嶋 敏泰 | 早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部応用数理学科 教授 |
| 渡辺 治 | 東京工業大学大学院 情報理工学研究科 教授 |

■デバイス・ハードウェア

| | |
|-------|--|
| 桜井 貴康 | 東京大学生産技術研究所 教授、CRDS 特任フェロー【総括責任者】 |
| 石黒 仁揮 | 慶應義塾大学 理工学部電子工学科 教授 |
| 伊藤 公平 | 慶應義塾大学 理工学部物理情報工学科 教授 |
| 岩本 敏 | 東京大学生産技術研究所 准教授 |
| 大村 一郎 | 九州工業大学 工学研究院 電気電子工学研究系 教授 |
| 黒田 忠広 | 慶應義塾大学 理工学部電子工学科 教授 |
| 澤田 和明 | 豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 教授 |
| 清水 徹 | 慶應義塾大学 理工学部電子工学科 特任教授 |
| 関谷 毅 | 大阪大学産業科学研究所 教授 |
| 高木 信一 | 東京大学大学院 工学系研究科 教授 |
| 高宮 真 | 東京大学生産技術研究所 准教授 |
| 竹内 敬治 | (株)NTT データ経営研究所 社会・環境戦略コンサルティング ユニット シニアスペシャリスト |
| 竹内 健 | 中央大学 理工学部電気電子情報通信工学科 教授、CRDS 特任フェロー |
| 田原 修一 | NEC(株)中央研究所理事兼スマートエネルギーBU 主席技術主幹 |
| 年吉 洋 | 東京大学先端科学技術研究センター 教授 |

■通信とネットワーク

| | |
|-------|------------------------------|
| 村田 正幸 | 大阪大学 大学院情報科学研究科 教授【総括責任者】 |
| 阿多 信吾 | 大阪市立大学大学院 工学研究科 教授 |
| 桐葉 佳明 | NEC(株)クラウドシステム研究所 技術主幹 |
| 中村 元 | KDDI(株) 技術統括本部 技術開発本部 技術戦略部長 |
| 新井田 統 | (株)KDDI 研究所 開発センター 開発マネージャー |

原井 洋明 情報通信研究機構 光ネットワーク研究所 室長
松岡 茂登 大阪大学大学院 情報科学研究科 教授
村田 英一 京都大学 大学院情報学研究科 通信情報システム専攻 准教授

■ソフトウェア

柴山 悦哉 東京大学 情報基盤センター 情報メディア教育研究部門 教授【総括責任者】
青山 幹雄 南山大学 情報理工学部 教授
枝廣 正人 名古屋大学大学院 情報科学研究科 教授
小野寺民也 日本 IBM (株) 東京基礎研究所 部長
河野 健二 慶應義塾大学 理工学部情報工学科 教授

■ITアーキテクチャー

丸山 宏 統計数理研究所 教授・副所長、CRDS 特任フェロー【統括責任者】
浅井 信宏 日本 IBM (株) ソフトウェア開発研究所 ディスティングイッシュト・エンジニア（技術理事）
浦本 直彦 日本 IBM (株) 東京基礎研究所クラウド・テクノロジー 部長
松岡 聡 東京工業大学 学術国際情報センター 教授
山下 克司 日本 IBM (株) グローバルテクノロジーサービス事業本部
ディスティングイッシュト・エンジニア（技術理事）
山下 眞澄 情報システム構造設計（株）客員研究員 エンタープライズアーキテクト

■ITメディアとデータマネジメント

田中 克己 京都大学大学院 情報学研究科 教授【総括責任者】
相澤 清晴 東京大学工学部 教授
河合由起子 京都産業大学 コンピュータ理工学部 准教授
木俵 豊 情報通信研究機構ユニバーサルコミュニケーション研究所 所長
是津 耕司 情報通信研究機構ユニバーサルコミュニケーション研究所
情報利活用基盤研究室 室長
酒井 哲也 早稲田大学 理工学術院 准教授
櫻井 保志 熊本大学大学院 自然科学研究科 教授
角谷 和俊 関西学院大学 総合政策学部メディア情報学科 教授
吉川 正俊 京都大学大学院 情報学研究科 教授

■人工知能

山口 高平 慶應義塾大学 理工学部管理工学科 教授、CRDS 特任フェロー【総括責任者】
新井 紀子 国立情報学研究所 社会共有知研究センター センター長・教授
岡田 浩之 玉川大学 工学部機械情報システム学科 教授
岡野原大輔 (株) Preferred Infrastructure 取締役副社長
來村 徳信 大阪大学 産業科学研究所 准教授

| | |
|-------|-------------------------|
| 鈴木 宏昭 | 青山学院大学 教育人間科学部教育学科 教授 |
| 松尾 豊 | 東京大学大学院 工学系研究科 准教授 |
| 松原 仁 | 公立はこだて未来大学 教授 |
| 宮尾 裕介 | 国立情報学研究所 コンテンツ科学研究系 准教授 |
| 山川 宏 | (株)ドワンゴ 人工知能研究所 所長 |

■ビジョン・言語処理

| | |
|-------|-----------------------------|
| 黒橋 禎夫 | 京都大学大学院 情報学研究科 教授【総括責任者】 |
| 乾 健太郎 | 東北大学大学院 情報学研究科 教授 |
| 佐藤 真一 | 国立情報学研究所 コンテンツ科学研究系 教授 |
| 鳥澤健太郎 | 情報通信研究機構 情報分析研究室 室長 |
| 東中竜一郎 | NTT (株)メディアインテリジェンス研究所 |
| 渡辺 太郎 | 情報通信研究機構 ユニバーサルコミュニケーション研究所 |

■インタラクション

| | |
|-------|--------------------------|
| 暦本 純一 | 東京大学大学院 情報学環 教授【総括責任者】 |
| 五十嵐健夫 | 東京大学大学院 情報理工学系研究科 教授 |
| 稲見 昌彦 | 慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科 教授 |
| 牛場 潤一 | 慶應義塾大学 理工学部生命情報学科 准教授 |
| 小林 哲則 | 早稲田大学 理工学術院情報理工学科 教授 |
| 篠田 裕之 | 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授 |
| 塚本 昌彦 | 神戸大学大学院 工学研究科 教授 |
| 松山 洋一 | 早稲田大学 理工学術院情報理工学科 次席研究員 |

■ビッグデータ

| | |
|-------|-----------------------------------|
| 喜連川 優 | 東京大学生産技術研究所 教授／国立情報学研究所 所長【総括責任者】 |
| 鬼塚 真 | 大阪大学大学院 情報科学研究科 教授 |
| 鹿島 久嗣 | 京都大学 情報学研究科 教授 |
| 城所 岩生 | 国際大学 グローバル・コミュニケーション・センター 客員教授 |
| 佐久間 淳 | 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 准教授 |
| 杉山 将 | 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授 |
| 武田 英明 | 国立情報学研究所 情報プリンシプル研究系 教授 |
| 津田 宏治 | 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授 |
| 船守 美穂 | 東京大学 教育企画室 特任准教授 |
| 丸山 宏 | 統計数理研究所 教授・副所長 |
| 村上康二郎 | 東京工科大学 教養学環 准教授 |
| 山名 早人 | 早稲田大学理工学術院 教授 |

■CPS / IoT

| | |
|-------|----------------------------|
| 森川 博之 | 東京大学先端科学技術研究センター 教授【総括責任者】 |
|-------|----------------------------|

| | |
|-------|-------------------------------|
| 川原 圭博 | 東京大学大学院 情報理工学系研究科 准教授 |
| 草場 英仁 | 東京大学 先端科学技術研究センター 森川研究室 協力研究員 |
| 栗原 聡 | 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 教授 |
| 藤田 隆史 | NTT ネットワーク基盤技術研究所 主任研究員 |
| 南 悦郎 | 新日鉄住金ソリューションズ(株) 執行役員 |

■セキュリティ

| | |
|-------|--|
| 佐々木良一 | 東京電機大学 教授、サイバーセキュリティ研究所 所長【総括責任者】 |
| 井上 大介 | 情報通信研究機構 ネットワークセキュリティ研究所 サイバーセキュリティ研究室 室長 |
| 上原哲太郎 | 立命館大学 情報理工学部情報システム学科 教授 |
| 菊池 浩明 | 明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科 教授 |
| 古原 和邦 | 産業技術総合研究所 セキュアシステム研究部門 制御システムセキュリティ研究グループ 研究グループ長 |
| 金野 千里 | 情報処理推進機構 技術本部 セキュリティセンター 情報セキュリティ技術ラボラトリー ラボラトリー長 |
| 下道 高志 | 東京電機大学 サイバーセキュリティ研究所 研究員 |

(付録 4) 索引

- 2次元材料デバイス91
- 3Dスキャナー496
- 3Dプリンター114, 282, 457, 499, 500, 501, 621
- 3Dプリンティング695
- 3次元インターフェース475
- 3次元形状計測497
- 3次元集積化90
- 3次元プリンター496
- 3ティア263
- A/Bテスト389
- ACID特性304, 321
- Augmented Human468, 470, 471
- Augmented Reality (AR)482, 486, 497, 618
- Body of Knowledge (BOK)268, 273
- Brain Machine Interface (BMI)5, 151, 182, 459-463, 465, 466, 700, 722
- BISD (Built-In Self Diagnosis)98
- BIST (Built-In Self Test)98
- Business Process Model (BPM)268
- CAMSS268-270, 272, 273
- Complex Event Processing (CEP)306, 307, 333, 510, 564, 565, 701
- Component Business Model (CBM)268, 274
- Computational Photography499, 500, 503
- Computer-Aided Design (CAD)137, 496, 498, 501, 502
- Conditional random field (CRF)367, 394
- Consumer Generated Media (CGM)318, 326, 328, 698
- Content Delivery Network (CDN)186, 209, 227, 277
- Content-Centrics Network (CCN)186, 210, 213, 226-230
- Crowd-sourced sensing318, 333, 336
- Data Center EMS (DEMS)199, 202-206
- DDoS攻撃対策技術646, 674
- Deep Neural Network (DNN)446, 447
- DRIE (Deep Reactive Ion Etching)96
- DevOps235, 236, 238, 281, 288, 289, 290, 564, 697
- Education technology389
- ELSI17, 356, 461, 464, 623, 625, 640, 695, 707
- FA-IT連携618
- Field Programmable Analog Array (FPAA)149, 150
- Hadoop分散ファイルシステム (HDFS)321
- High Performance Computing (HPC)5, 124-126, 265, 305, 307-312, 424, 698, 722
- Human Robot Interaction (HRI)392, 393, 398, 457, 489-494, 722
- IBM Watson45, 366, 372, 376, 832, 401-403, 405, 493, 629, 637, 699
- ID連携4, 18, 318, 644, 646, 668-672, 703, 723
- IGBT137, 139-141
- IGZO111, 112
- Industrial Internet244, 280, 282, 296, 298, 300, 565, 584, 589, 594, 595, 619-622, 702
- Industrie 4.023, 24, 237, 296, 298, 300, 301, 584, 588, 594, 614, 619-622, 702
- Information-Centric Network (ICN)186, 213, 226-230
- Infrastructure as a Service (IaaS)287-290, 292, 691
- Internationalized Resource Identifier (IRI)375
- Knowing624, 626
- Knowledge Graph376-378, 382, 699
- k-匿名性525-527, 679, 682, 684, 685
- Linked Open Data (LOD)5, 324, 355, 374-378, 380, 387, 568, 570, 699, 722
- Long Sort Term Memory (LSTM)367
- 1-多様性679, 685
- M2Mセキュリティ593
- M2Mネットワーク591-593
- M2Mプラットフォーム591-593, 595, 596
- Massive MIMO193, 195, 196
- Massive Open Online Course (MOOC)389, 552
- MEMS5, 95-100, 144, 146, 147, 152, 611, 615, 721
- Network as a Service (NaaS)281
- Network Function Virtualization (NFV)186, 209, 211-213, 278, 281, 282, 592, 595, 697
- Network in Network (NiN)367
- Neural Turing Machine412
- NoSQL304, 321, 506, 509, 511, 701
- NP完全問題30, 54, 680
- Online experiment389
- Ontology-based data access and management (OBDA)378
- OpenFlow189, 190, 209, 213, 281, 284
- P≠NP予想54-56, 68
- personal informatics350-353
- Physical Unclonable Function (PUF)650-652

| | |
|---|---|
| Platform as a Service (PaaS) ……249, 255, 277, 279, 282, 287, 288, 290 | アプリケーション・アーキテクチャー ……267, 268, 272, 279, 280 |
| Privacy-Preserving Data Mining ……247, 678, 681, 682 | アムダールの法則 ……310 |
| Privacy-Preserving Data Publishing ……647, 678 | 誤り訂正 ……29, 34, 36, 125, 127, 131 |
| Programmable System-on-Chip (PSoC) ……149, 150 | アルゴリズム的ゲーム理論 ……64, 66, 67 |
| Quality of Experience (QoE) ……5, 186, 187, 215-219, 221, 229, 697, 721 | アルゴリズム理論 ……5, 29, 32, 53, 57, 59-61, 63-67, 75, 721 |
| Quality of Service (QoS) ……186, 199, 201, 215, 217 | アルファベータ法 ……358, 359 |
| Quantified Self ……350-353 | 暗号理論 ……5, 29, 31, 32, 41, 42, 44, 53, 72, 526-529, 531, 681, 685, 721 |
| Reality 2.0 ……9 | イベント抽出 ……387, 424 |
| Recurrent Neural Net ……367 | 意味解析 ……405, 423, 424, 434, 445-449, 452, 453, 455, 535, 536, 627, 629 |
| Resource Description Framework (RDF) ……341, 342, 375, 377, 568 | 意味的暗黙性 ……374 |
| Secure Multiparty Computing (SMC) ……648, 649 | インスティテューショナル・リサーチ (IR) ……546, 553 |
| Semantic Web ……373, 374, 377, 381, 387, 406, 630 | ウェアラブルエレクトロニクス ……109, 110, 112, 114-116 |
| Single Sign On ……646, 669 | ウェアラブルコンピューティング ……457, 480, 481, 483-485, 700, 722 |
| SLA保証 ……8 | エキスパートシステム ……375, 378, 409, 629 |
| SOA ……6, 266, 269, 270, 272, 273, 288, 626 | エッジコンピューティング ……132, 186, 210, 229, 230, 586 |
| Software as a Service (SaaS) ……288, 691 | エデュケーション・データマイニング (EDM) ……545, 553 |
| Software Defined Anything (SDx) ……289 | エネルギーハーベスト ……97, 98, 132, 144, 171-175, 178, 696, 721 |
| Software Defined Data Center (SDDC) ……202, 204, 205, 289, 695 | エラスティック光ネットワーク ……188-190 |
| Software Defined Environment (SDE) ……277-279, 281, 282, 695 | オープンアクセス ……507, 567 |
| Software Defined Network (SDN) ……186, 189-191, 202, 209, 211-213, 277, 278, 281, 321, 333, 592, 664, 695, 664, 695, 697 | オープンガバメント ……567, 575, 576 |
| Software Defined X ……698 | オープンソースソフトウェア ……492, 495, 567 |
| Solid State Device (SSD) ……131, 134, 135, 259, 506, 508, 511, 689 | オープンデータ ……23, 334, 374-377, 534, 564-570, 574-577, 694, 699, 723 |
| SSH ……625, 707, 708 | オプトアウト ……572-575, 701 |
| steep slopeデバイス ……90-92 | オプトイン ……572, 574, 575, 581, 701 |
| Storage Class Memory (SCM) ……131, 132, 649 | 音声エージェント ……438, 440-442, 700 |
| Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) ……603-605, 608-610 | 音声対話 ……5, 423, 424, 438-443, 627, 629, 630, 700, 722 |
| Systems of Engagement ……280 | 音声翻訳 ……405, 434-436, 443, 630 |
| Trillion Sensors Universe ……151, 232, 614 | オントロジー ……5, 355, 374-383, 385, 387, 389, 404, 409, 570, 627, 629, 722 |
| t-近似性 ……680 | オンラインアルゴリズム ……61, 62, 67 |
| Unified Resource Identifier (URI) ……375 | オンライン機械学習 ……343, 563, 564, 587 |
| User Experience (UX) ……235, 236, 697, 698 | カーフォトニクス ……101 |
| Webインテリジェンス ……5, 355, 385-390, 624, 627, 629, 722 | 顔認識 ……401, 445-448, 517, 691 |
| Webコンピューティング ……263 | 顔認証 ……445, 447, 448, 646, 669, 671 |
| xEMS ……199-206 | 仮説生成 ……426-428, 629 |
| アジャイル・プラットフォーム技術 ……85 | 画像・映像処理 ……445 |
| アジャイル開発 ……235, 236, 271, 291 | 画像検索 ……446, 517 |
| 圧縮センシング ……36, 37, 71, 80, 564, 565, 701 | 仮想組織 ……6, 8 |
| アナログフロントエンド回路 ……148, 150 | |

| | |
|-----------------------|---|
| 仮想マシン | 255-257, 279, 288, 289, 681 |
| 含意関係認識 | 426, 429 |
| 環境エネルギーフォトニクス | 101 |
| 関係抽出 | 385, 387, 389, 424, 428 |
| 感情・情動的知性 | 416, 419 |
| 完全準同型暗号 | 41, 43, 45, 527, 531, 648, 652 |
| 完全情報ゲーム | 357, 360, 361, 366 |
| 完全性 | 644, 648 |
| 機械学習 | 80-82, 121, 157, 202, 305-308, 355, 359, 365-373, 394, 401, 403, 409-413, 423, 433-436, 438, 445, 452-454, 506-508, 513, 515-517, 521, 545, 549, 563-565, 587, 600, 647, 690, 699, 722, 726 |
| 機械翻訳 | 5, 372, 373, 401, 403-406, 423-425, 429, 433-436, 630, 635, 700, 722 |
| 記号接地 | 392, 393, 397, 398, 409, 410, 413 |
| 記号創発 | 394, 399, 412, 417, 422 |
| 技術的特異点 | 408, 412, 413 |
| 機能補綴 | 464 |
| キャプション生成 | 452-455 |
| 強化学習 | 30, 361, 394, 442 |
| 共同認知 | 417 |
| 極端紫外線リソグラフィ | 89 |
| 巨大グラフ | 49, 50, 58, 641, 643, 696 |
| 近似アルゴリズム | 48, 61, 67, 70, 72, 73 |
| 組合せ最適化 | 47, 48, 50, 70, 73, 696, 697 |
| 組合せ論 | 5, 29, 32, 47-51, 271 |
| 組込みシステム | 5, 22, 240-245, 251, 259, 721 |
| クライアント・サーバー | 6, 261, 263 |
| クラウドコンピューティング | 6, 8, 21, 234, 264-270, 277, 287-289, 508, 509, 668, 670, 698, 722 |
| クラウドセンシング | 521 |
| クラウドソーシング | 4, 236, 370, 376, 385, 387, 388, 424, 504, 508, 520-524, 636, 640-643, 702, 723 |
| クラウドロボット | 392, 395 |
| クラウドロボティクス | 393, 397, 398 |
| グラフアルゴリズム | 48, 74, 249, 324 |
| グラフィックス | 156, 243, 264, 303, 304, 457, 496-499, 501, 502, 722 |
| グラフマイニング | 319, 339, 341-342 |
| グラフ理論 | 47, 48, 50, 641, 680 |
| クロスメディア分析 | 318 |
| 計算複雑度 | 5, 30, 32, 42, 43, 53-57, 68, 70, 696, 721 |
| 計算論の情報理論 | 55, 56 |
| 計測型AI | 355, 356 |
| 軽量暗号 | 41, 44, 651 |
| ゲームを解く | 361 |
| 検索エンジン | 47, 48, 227, 257, 345, 347, 385, 388, 389, 425, 427, 447-449, 571, 573, 574 |
| 検索可能暗号 | 652, 682, 687 |
| 高移動度チャンネル | 91 |
| 極超低消費電力回路 | 118 |
| 極低電圧回路 | 120 |
| 孤児著作物 (Orphan Works) | 572 |
| 個人適応 | 318, 598 |
| コヒーレントイジング装置 | 127, 128 |
| 固有表現抽出 | 385, 387 |
| コンテキスト | 216, 387, 452, 480, 627, 629, 698, 699 |
| コンテクスト | 319, 345-347 |
| コンテクスト型推薦 | 346 |
| コンテナ | 255, 279, 281, 288-291, 295 |
| コンテンツ指向ネットワーク | 266, 230 |
| サービスオリエンティッドコンピューティング | 6 |
| サービス指向アーキテクチャー | 272, 230 |
| 再帰的自己改修 | 408 |
| 再特定化 | 579 |
| サイドチャンネル | 44, 650, 651 |
| サイバー攻撃 | 211, 251, 603, 644, 646, 647, 661, 664, 673, 674, 688, 690, 703, 723 |
| サイバー攻撃可視化技術 | 646, 674 |
| サイバー攻撃情報共有技術 | 646, 674 |
| サイborgの治療 | 460 |
| サプライチェーンリスク | 606-608 |
| 差分プライバシー | 322, 526, 527, 529, 531, 647, 678, 683, 685 |
| サポートベクトルマシン (SVM) | 366 |
| 識別不可能性 | 527 |
| 時空間データマイニング | 5, 319, 339, 722 |
| 時系列データマイニング | 319, 339, 340, 342, 343 |
| システムソフトウェア | 5, 232, 255-257, 259, 260, 321, 721 |
| 次世代暗号 | 4, 18, 644, 648, 723 |
| 質問応答 | 372, 402, 404-406, 411, 424, 426-430, 452, 492, 493, 504, 630, 635, 636, 700 |
| 市民科学 | 640-642 |
| 集合知 | iii, 17, 326-330, 375, 376, 468, 639-642, 702 |
| 集積プラットフォーム | 86 |
| 出力プライバシー | 679, 683 |
| 準線形時間計算モデル | 62 |
| 状況依存解析 | 633, 634 |
| 条件付確率場 | 367 |
| 常識知識 | 375, 376 |
| 情報検索・推薦 | 5, 319, 345, 722 |
| 情報源符号化 | 33, 35, 37 |
| 情報指向ネットワーク | 226 |

- 情報処理フォトニクス ……101, 105, 107
 情報セキュリティ ……18, 25, 28, 529,
 574, 607, 644, 645, 654, 655, 658, 661, 664, 673,
 675, 677, 688, 690, 696
 情報理論 ……5, 29, 31, 39, 42, 43, 55, 56, 72, 365, 721
 証明可能安全性 ……41, 44
 触覚 ……iii, 5, 457, 459, 469, 473-479, 700, 722
 シリコンフォトニクス ……103-107, 160-162
 自律分散協調 ……587
 人機一体 ……468-470, 700
 シングルサインオン ……669
 真正性 ……644, 648, 691
 深層学習 ……80-83, 159, 365, 367-373, 389, 394,
 403, 408-414, 435, 452, 600, 699, 722
 ストリームアルゴリズム ……31, 62
 ストリームコンピューティング ……587
 ストリーム処理 ……249, 252, 253, 306, 340, 341,
 343, 507, 510, 511, 587
 ストリームデータ処理 ……336, 507, 509-511, 701
 ストリームマイニング ……319, 339-342, 598, 699
 ストレージシステム ……132, 134, 135
 ストレッチャブルエレクトロニクス ……110
 スパース数理モデル ……36, 37
 スパースモデリング ……80-83
 スピン量子ビット ……124-127
 スマートコモンズ ……8, 694
 スマートホーム ……372, 594, 595, 606, 611-614
 スマートロック ……612
 スモールセル ……193, 196
 整数計画問題 ……30, 69, 70
 生体認証 ……646, 669-671
 セキュアマルチパーティコンピューテーション ……648
 セマンティックWeb ……386, 689, 390, 568-570
 セマンティックウェブ ……324, 374, 375, 378, 379,
 381, 382, 385
 線形計画問題 ……30, 69, 71, 72
 センサー仮想化 ……333
 センサーネットワーク ……25, 108, 132, 148,
 150, 151, 156-158, 172, 174, 186, 318, 333-337,
 339-341, 563, 584, 599, 611, 617-619, 696, 701
 センチメント分析 ……318, 387
 全脳エミュレーション ……412
 相互情報量 ……34, 37
 ソーシャルセンサー ……318, 332, 334, 698
 ソーシャルネットワークワーキングサービス ……234, 257,
 268, 272, 617, 694, 698
 ソーシャルメディア ……81, 305, 318, 326, 327,
 340, 347, 385-390, 427, 598, 600, 699, 702, 722
 属性ベース暗号 ……41, 43
 ソフトウェア工学 ……5, 232, 234, 235, 238, 721
 第4の科学 ……264, 695
 第5世代移動体通信 ……210
 大規模データ処理 ……iii, 248, 252, 258, 697
 大規模並列プログラミング ……248
 大面積エレクトロニクス ……111
 耐量子計算機暗号 ……43
 多端子情報理論 ……35
 多変量テスト ……389
 探索型AI ……355
 知識型AI ……355
 知能ロボティクス ……5, 355, 392, 395, 396, 463, 493,
 495, 706, 708, 722
 知のエコシステム ……633, 634
 知のコミュニティー ……639, 640, 723
 知のコンピューティング ……4, 12, 378, 383, 463,
 624, 632, 636, 643, 694, 695, 702, 707, 723
 知の社会性 ……417, 420
 知の身体性 ……417, 419, 420
 知の創造と創発 ……418
 知のプラットフォーム ……624, 632, 633, 723
 知のメディア ……624, 627, 633, 636, 723
 長大なスイッチ文 ……409
 超伝導量子ビット ……124-128
 通信路符号化 ……34, 35, 37
 通信路容量 ……34-38
 データ・アーキテクチャー ……267, 268, 272
 データ圧縮技術 ……33
 データアナリシス ……5, 31, 32, 53, 80, 721
 データセンター仮想化 ……318
 データ匿名化 ……525, 526
 データベース管理システム ……321
 テクノロジー・アーキテクチャー ……267, 268, 272
 デジタル・フォレンジック ……18, 644, 647, 688, 689,
 691, 693, 702, 723
 デジタルコヒーレント通信 ……127, 188, 191
 デジタルファブリケーション ……110
 テレプレゼンス ……457, 462, 463, 490
 電源回路 ……118, 119, 172, 175, 178, 180-183
 統計的学習理論 ……365
 統計的機械翻訳 ……249, 404, 406, 433, 435, 436, 700
 統合型AI ……355, 397
 統合的人工知能 ……5, 355, 401-403, 403, 406, 633,
 636, 722
 動的スクリプト言語 ……250, 252, 253
 特徴抽出 ……513
 ドメイン特化言語 ……250-252
 ドライエッチング装置 ……96

| | | | |
|-------------------------------|--|-------------------------------|---|
| ドライブ・バイ・ダウンロード攻撃対策技術 | 646, 674 | フィールド指向 | 584, 588 |
| トラストフレームワーク | 670, 672, 683 | フェアユース | 447, 533, 534, 572-576, 701 |
| トリリオン・センサー | 97, 99 | フォグコンピューティング | 132, 186, 229, 230 |
| ドロップアウト | 81, 514, 515, 548, 550, 551, 556 | フォトニクス | 22, 86, 81, 101, 103-107, 160-162, 724 |
| トンネルFET | 90, 92, 120, 121 | フォンノイマンボトルネック | 133 |
| ニューラルネット..... | 81, 306, 365, 367, 369, 393, 412, 416, 435, 453, 513-516, 564, 600, 699 | 深い意味理解 | 373, 401-404, 406, 453, 636, 699 |
| ニューロフィードバック | 460 | 不完全情報ゲーム | 357, 360-362 |
| 認可 | 469, 471, 635, 668, 669, 670 | 複合イベント処理 | 319, 333, 701 |
| 人間拡張工学..... | 5, 457, 468-472, 700, 722 | 物理複製困難関数 | 650, 651 |
| 認証..... | 41, 167, 201, 209, 279, 445, 447, 448, 592, 605, 607, 644, 646, 649, 650, 661, 662, 668-672, 683, 703, 723 | プライバシー影響評価 (PIA) | 580, 583 |
| 認知アーキテクチャー | 409-411, 413, 414 | プライバシー保護データマイニング | 82, 83, 370, 679, 681, 685 |
| 認知ロボティクス | 393, 397, 410 | プリンテッドエレクトロニクス | 108-116, 144, 721 |
| ネットワーク仮想化 | 5, 186, 208-213, 592, 596, 697, 721 | ブレイン・マシン・インターフェース (BMI) | 457, 459, 722 |
| ネットワーク情報理論 | 35, 37 | フレキシブルRFIDタグ..... | 112 |
| 脳型コンピューター | 212 | フレキシブルエレクトロニクス | 108-116, 143 |
| 脳型コンピューティング | 91, 92 | フレキシブル個体識別素子 | 112 |
| パーソナライゼーション | 347, 490 | フレキシブル太陽電池 | 112 |
| パーソナルアシスタントシステム | 492 | フレキシブルディスプレイ | 110-112, 116 |
| ハプティクス | 5, 473-478, 722 | フレキシブル半導体 | 110 |
| パワーエレクトロニクス..... | 85, 137-142, 180, 182, 183 | プログラマブルアナログ | 149 |
| 反復深化 | 358, 359 | プログラミングモデル | 5, 232, 235, 2482-53, 256, 294, 295, 314, 563, 564, 697, 721 |
| 汎用ゲームプレイ | 362 | プログラム検証..... | 75-78 |
| 汎用人工知能 | 5, 362, 393, 408-415, 602, 627, 629, 699, 722 | プロシューマー | 6 |
| 光インターコネク ト | 103-106 | プロセスデザインキット (PDK) | 103 |
| 光インターポーザ | 103, 105, 106 | 分散アルゴリズム | 63, 65, 67 |
| 光配線 | 91, 102-107 | 分散処理基盤技術 | 506, 507, 509-511, 701 |
| 光パケット交換 | 189-191 | 分散データベース | 318, 321, 323, 332, 506, 509 |
| ビジネス・アーキテクチャー..... | 267, 268, 272 | ベイジアンネット | 367, 371 |
| 非侵襲的脳計測 | 462 | ベイズモデリング | 80, 82, 83 |
| 秘匿計算 | 647, 651, 652, 678-682 | 並列アルゴリズム | 67 |
| 秘匿性 | 41, 229, 644, 648 | ヘッドマウントディスプレイ (HMD) | 464, 480, 482, 485, 487, 497, 700 |
| 秘密計算 | 527, 528, 530, 531, 542, 653, 686 | ヘテロジニアス・インテグレーション | 91, 92 |
| 秘密分散 | 527, 528, 649, 680, 681 | 包摂アーキテクチャー | 396 |
| ヒューマンコンピューテーション..... | 520, 522, 523 | 補綴工学 | 469 |
| ヒューマンロボットインタラクション..... | 393, 441, 457 | ボナンザ・メソッド | 359, 360, 362, 363 |
| 表現学習 | 368, 371 | マルウェア対策技術..... | 646, 673, 674 |
| 表現獲得 | 394, 409, 410, 413 | マルチコア光ファイバー | 188, 189 |
| 標的型攻撃対策技術 | 646, 673 | マルチタスク学習 | 368 |
| 評判分析 | 426, 428, 630 | マルチパーティープロトコル | 680 |
| 秘匿回路計算 | 680 | マルチモーダル学習 | 368 |
| ファストフォレンジック | 690 | ミドルウェア | 131, 200, 255, 257, 277, 279, 288, 289, 394, 397, 491-493, 593, 611, 613, 721 |
| ファブリケーション..... | 5, 110, 457, 496-499, 722 | ミニマックス法 | 357-359 |
| | | ミリ波デバイス | 160, 166, 169 |

メインフレーム6
 メカニズムデザイン64, 66, 67, 388, 522, 624,
 640, 641, 702
 メタマテリアルアンテナ160, 163-165
 メモリー LSI89, 90
 文字認識445, 533
 モデルベース開発243
 モバイルコンピューティング5, 250, 252, 253,
 265, 272, 305, 327, 329, 480, 722
 モバイルヘルスプラットフォーム322
 モンテカルロ木探索360, 362, 363
 ユーザー経験235, 236, 697
 ユーザー生成コンテンツ318, 326, 329, 330, 722
 ユーザー生成メディア698
 ユーザープロファイリング387, 389
 ユーザーモデリング385, 387-389
 要求工学234-236, 727
 要約型検索346
 ラーニング・アナリティクス (LA)545, 553
 ライブフォレンジック647, 690
 ライフログ5, 319, 348, 350, 351, 353, 480, 545,
 546, 549, 560, 571, 722
 ランダムネスの脱乱化56
 離散構造5, 29, 32, 47, 49, 51, 58, 70, 637, 696, 721
 離散最適化68-71, 73, 74
 離散凸解析48, 70, 73
 リスクアセスメント645, 654-659
 リスクコミュニケーション645, 654-659, 725
 リスクマネジメント4, 18, 606, 607, 644, 645,
 654-659, 723
 量子アニーリング65, 72, 126-128, 697
 量子アルゴリズム65, 67
 量子イジングマシン124
 量子鍵配送649, 652
 量子ゲート124
 量子コンピューティング5, 124, 126-128, 697, 721
 量子フォトニクス101, 106
 レジリエンシー703
 連続最適化68-71, 73, 74
 レンダリング497-502
 ロジックLSI89-91, 93, 94
 ロボカップ394, 395, 635
 ワークロード5, 232, 264, 265, 279, 280, 289,
 290, 303-308, 722

（付録 5） 研究開発の俯瞰報告書（2015年）全分野を対象としている研究開発領域一覧

1. 環境・エネルギー分野（CRDS-FY2015-FR-02）

| 俯瞰区分 | 研究開発領域 | |
|-----------------------------|--|--|
| エネルギー供給 | 化石資源利用の高効率発電（省化石資源消費・高効率化） | 高効率火力発電 |
| | | 高効率固体酸化物形燃料電池 |
| | 化石資源利用における二酸化炭素排出削減（低炭素化・温暖化抑制） | 二酸化炭素回収・貯留システム（CCS） |
| | | |
| | 再生可能エネルギー導入による低炭素化の推進（低炭素化・温暖化抑制） | 太陽光 |
| | | 風力 |
| | | バイオマス（固体燃料、液体・気体燃料、生物設計） |
| | | 地熱 |
| | 高品位エネルギーの安定供給（エクセルギー、セキュリティ、負荷平準化、環境負荷低減） | 海洋エネルギー（波力、潮流、海流、海洋温度差） |
| | | 重質油の高度利用 |
| | | 低品位石炭資源の革新的な改質・輸送・転換技術とエネルギー・製鉄分野への利用 |
| | | 天然ガスの高度利用（超高効率発電・天然ガスからのコプロダクション（トリジェネレーション）・LNG冷熱利用技術による高効率化） |
| | | 非在来型石油・天然ガス資源の採掘技術 |
| | | 全負荷帯での超高効率発電によるCO ₂ 排出量抑制 |
| | | 中温作動の固体電解質による新規プロセス |
| | | 分散電源と再生可能エネルギーとの融合システム |
| ものづくりの高効率化（製造業高効率化、低位熱高度利用） | エネルギーネットワーク技術 | |
| | 排熱利用低温吸熱反応（吸熱反応による排熱回収のための低温作動型触媒、低温排熱の高質化技術－エクセルギー再生） | |
| | 産業分野における熱利用、未利用熱の効率的利用 | |
| 輸送用燃料の低炭素化 | 新規石油化学製品製造ルート | |
| | バイオマス利活用とバイオ燃料製造技術 | |

| | | |
|------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| エネルギー利用 | 多様な社会的要請に応えるエネルギーサービス | 安全安心を支えるエネルギー利用 |
| | | 労働、雇用や生活スタイルとエネルギーサービス |
| | | 健康、医療、介護、高齢者支援におけるエネルギーサービス |
| | | 省エネ対策がもたらすコベネフィットの評価と見える化 |
| | エネルギー効率の高いサービスの提供 | エネルギー消費実態の把握 |
| | | ネットワークとビッグデータの活用 |
| | | 需要側資源を活用したエネルギー需給マネジメントシステム |
| | | 消費者行動に着目したエネルギー利用の高効率化 |
| | | 熱利用実態を踏まえた機器高効率化 |
| | | 建物躯体と建築設備の統合的高効率化 |
| | | 次世代交通・運輸システム |
| | 低炭素化を実現するエネルギー利用 | 新しいエネルギー利用を社会に定着させる技術 |
| | | 次世代自動車の利用拡大と高効率化 |
| 未利用中低温排熱源の効率的活用 | | |
| 建築物における太陽エネルギー活用 | | |
| 原子力 | 原子力をより安全に維持・活用する場合に取り組むべき研究課題 | 水素エネルギーの利用浸透 |
| | | リスク評価と管理の手法 |
| | | 原子炉の設計・建設・維持 |
| | | 原子炉の保全学 |
| | | 原子力に関する防災 |
| | | 過酷事故への対応 |
| | | 原子力基盤技術の開発 |
| | | 新型炉（核融合含む）の研究・開発 |
| | 原子力の将来にかかわらず取り組むべき研究課題 | 核燃料サイクルの技術 |
| | | 高レベル放射性廃棄物の管理・処分 |
| | | 低レベル放射性廃棄物の管理 |
| | | 使用済み核燃料の管理 |
| | | プルトニウムの管理手法 |
| | | ウラン廃棄物の管理手法 |
| | | 原子炉の廃止措置（デコミ） |
| | | 福島第一原子力発電所事故への対応 |

| | | |
|----|----------------------------|---|
| | | 環境修復の手法 |
| | | 環境・人体への放射線影響（防護含む） |
| | | 原子力に関するリスクと人間・社会 |
| | | 原子力に関する規制 |
| | | 3S（原子力安全、核セキュリティ、保障措置） |
| | | 原子力に関する国際的視野 |
| | | 原子力の政治経済学 |
| | 原子力に依存しない場合 に取り組むべき研究課題 | 国際的視野、社会的視野を含んだ原子力に依存しないための戦略 |
| 環境 | 持続可能な人間居住 | 建築と住環境（室内環境、建物の環境性能、建物周辺の環境） |
| | | 都市・地域計画（コンパクトシティ、インフラ管理含む） |
| | | モビリティとその管理 |
| | | 安全な水の供給（水道と安全性確保） |
| | | 水環境管理（下水道、浄化槽、湖沼、水辺創造など） |
| | | 人間居住による環境負荷（GHG 排出、水、大気への排出、緑地の喪失） |
| | | 都市環境と健康影響（大気、化学物質、緑地、熱環境等） |
| | | 開発途上国の人間居住と適正技術 |
| | 生態系サービスの適正管理 | 生物多様性の保全と持続的利用 |
| | | 陸域資源と生態系管理（含む陸水） |
| | | 沿岸域および海洋の資源と生態系管理 |
| | | 流域レベルの生態系管理（森林から海まで） |
| | | 生物多様性及び生態系サービスの評価 |
| | | 生態系サービスの管理システム・制度のための技術管理 |
| | 持続可能な生産と消費 | 製造業におけるグリーン技術（ゼロエミッション、環境配慮設計、クリーナープロダクション） |
| | | サプライチェーンの環境マネジメント |
| | | LCAに基づく生産と消費管理 |
| | | 廃棄物の発生抑制 |
| | | リサイクル技術（都市鉱山含む） |
| | | 水の循環利用技術 |
| | | 有害物質のマネジメント（PRTR、RoHS 含む） |

| | | |
|------------------------------------|--------------------------|--|
| | | 元素の循環と利用（リン・窒素） |
| | | 開発途上国による循環型技術（農村型小規模バイオガス化装置） |
| | 災害による環境への影響 低減と環境の再創造 | 自然災害（地震、津波、台風、干ばつ、豪雨、豪雪、火山等）が地域環境へ及ぼすリスク |
| | | 人為的災害（工場等での事故、危険物質運搬時の事故等）が環境へ及ぼすリスク |
| | | 災害のリスク（人間への被害、環境への被害）の予防対策 |
| | | 災害発生直後の環境情報観測・把握手法とリスク軽減手法 |
| | | 災害廃棄物処理と利活用 |
| | | 自然環境の回復過程の促進 |
| | | 社会環境の再創造手法 |
| | 観測・計測とその情報に基づく環境管理 | 地球規模の環境モニタリング（リモートセンシングと実測） |
| | | 地域の環境と人間活動の把握（地域の環境計測、人間活動とその影響の把握） |
| 環境情報基盤の整備と活用（ユビキタス情報、環境ビッグデータ、GIS） | | |

2. ライフサイエンス・臨床医学分野（CRDS-FY2015-FR-03）

| 俯瞰区分 | 研究開発領域 |
|----------|-----------------------|
| 基礎生命科学 | ゲノム |
| | バイオインフォマティクス |
| | エピゲノム |
| | 老化 |
| | 免疫 |
| | 代謝 |
| | 発生・再生科学 |
| | 脳科学 |
| | 臓器連関 |
| | 生物時計 |
| | バイオメカニクス |
| | 分子イメージング |
| 次世代基盤技術 | <i>in silico</i> 創薬技術 |
| | 構造生命科学 |
| | システムズバイオロジー（創薬） |
| | トランスオミクス（統合オミクス解析） |
| | 新規バイオマーカー |
| | マイクロバイオーム |
| | 創薬スクリーニング技術 |
| | メディシナルケミストリー |
| | ドラッグ・リポジショニング |
| | 剤型技術（徐放化など） |
| | ゲノム編集 |
| | モデル細胞 |
| | モデル動物 |
| 生体イメージング | |
| 医薬品など | 低分子医薬品 |
| | 中分子医薬品 |
| | 高分子医薬品（抗体医薬） |
| | 高分子医薬品（核酸医薬） |
| | がん免疫治療 |
| | 治療ワクチン |

| | |
|------------|-------------------------------------|
| | 遺伝子治療 |
| | 再生医療 |
| | レギュラトリーサイエンス（医薬品） |
| 医療・介護・福祉機器 | 診断機器 |
| | 治療機器 |
| | 介護・福祉機器 |
| | ウェアラブルデバイス |
| | レギュラトリーサイエンス（医療機器） |
| 健康医療全般 | 疫学・コホート |
| | 循環器疾患 |
| | がん |
| | 免疫疾患 |
| | 感染症 |
| | 精神疾患 |
| | 神経疾患 |
| | 感覚器疾患 |
| | 運動器疾患 |
| | 小児疾患 |
| | 希少疾患 |
| | 医療情報 |
| | 臓器シミュレーター |
| | 個別化医療 |
| | 予防 |
| | 医療経済評価、医療技術評価 |
| | 健診・健康管理 |
| | 医療保障制度 |
| グリーンバイオ | 作物増産技術 |
| | 持続型農業 |
| | 高機能高付加価値作物 |
| | 食料安全保障概念の変遷と政策対応の課題 |
| | バイオリファイナー |
| | 化成品原料／バイオ化学品（再生可能化学品ならびにバイオプロセス製造品） |
| | バイオ医薬品・食品原料 |

| | |
|-------|-------------------------------------|
| | 資源・レアメタル回収 |
| | 生物多様性・生態系 |
| | 生態適応 |
| | 環境浄化 |
| ヒトと社会 | ヒト由来試料 |
| | 幹細胞・再生医学に伴う倫理的、法的、社会的課題 |
| | 脳・神経倫理 |
| | デュアルユース、バイオセキュリティ、生物化学兵器、バイオテロ対策、など |
| | 研究倫理 |
| | リテラシー・アウトリーチ |
| | 被験者保護 |
| | 終末期医療・ケア |

3. 情報科学技術分野（CRDS-FY2015-FR-04）

| レイヤー | 俯瞰区分 | 研究開発領域 |
|------|-----------------------------------|-------------------|
| 基盤 | 基礎理論 | 情報理論 |
| | | 暗号理論 |
| | | 離散構造と組合せ論 |
| | | 計算複雑度理論 |
| | | アルゴリズム理論 |
| | | 最適化理論 |
| | | プログラム基礎理論 |
| | | データアナリシス |
| | デバイス・ハードウェア | 集積回路技術 |
| | | MEMS デバイス技術 |
| | | フォトニクス |
| | | プリントエレクトロニクス技術 |
| | | 極低電力 IT 基盤技術 |
| | | 量子コンピューティングデバイス |
| | | メモリーとストレージ |
| | | アクチュエーター |
| | | センサー |
| | | アナログ回路 |
| | | 情報処理 |
| | | 通信 |
| | | エネルギーハーベストデバイス |
| | | 電源 |
| | | 通信とネットワーク |
| | 無線通信技術 | |
| | ネットワーク・エネルギーマネジメント | |
| | ネットワーク仮想化技術 | |
| | 通信行動と QoE (Quality of Experience) | |
| | 情報ネットワーク科学 | |
| | 新たな情報流通基盤 | |
| | ソフトウェア | ソフトウェア工学 |
| | | 組込みシステム |
| | | プログラミングモデルとランタイム |
| | | システムソフトウェアとミドルウェア |

| | |
|-------------------|--------------------------|
| IT アーキテクチャー | エンタープライズ・アーキテクチャー |
| | ソフトウェア定義型アーキテクチャー |
| | クラウドコンピューティング |
| | モバイルコンピューティング |
| | ワークロード特化型アーキテクチャー |
| | ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC) |
| IT メディアとデータマネジメント | ビッグデータの統合・管理・分析技術 |
| | ユーザー生成コンテンツとソーシャルメディア |
| | センサーデータ統合検索分析技術 |
| | 時空間データマイニング技術 |
| | 次世代情報検索・推薦技術 |
| | 個人ライフログデータの記録・利活用技術 |
| 人工知能 | 探索とゲーム |
| | 機械学習、深層学習 |
| | オントロジーと LOD |
| | Web インテリジェンス |
| | 知能ロボティクス |
| | 統合的人工知能 |
| | 汎用人工知能 |
| | 認知科学 |
| ビジョン・言語処理 | 大規模言語処理に基づく情報分析 |
| | 言語情報処理応用（機械翻訳） |
| | 言語情報処理応用（音声対話） |
| | 画像・映像の意味理解 |
| | 言語と映像の統合理解 |
| インタラクション | BMI（ブレイン・マシン・インターフェース） |
| | 人間拡張工学 |
| | ハプティクス（触覚） |
| | ウェアラブルコンピューティング |
| | HRI（ヒューマン・ロボット・インタラクション） |
| | グラフィックス・ファブリケーション |

| | | |
|----|-------------|----------------------------|
| 戦略 | ビッグデータ | ビッグデータ基盤技術 |
| | | ビッグデータ解析技術 |
| | | クラウドソーシング |
| | | プライバシー保持マイニング技術 |
| | | ITメディア分野におけるビッグデータ |
| | | ライフサイエンス分野におけるビッグデータ |
| | | 教育とビッグデータ |
| | | 社会インフラとビッグデータ（交通、ヘルス、防災など） |
| | | オープンデータ |
| | | 著作権とビッグデータ |
| | | ビッグデータとプライバシー |
| | GPS/IoT | GPS/IoT アーキテクチャー |
| | | M2M |
| | | 社会システムデザイン |
| | | GPS/IoT セキュリティー |
| | | 応用と社会インパクト |
| | | ものづくりとIoT |
| | 知のコンピューティング | 知のメディア |
| | | 知のプラットフォーム |
| | | 知のコミュニティー |
| | セキュリティー | 次世代暗号技術 |
| | | ITシステムのためのリスクマネジメント技術 |
| | | 要素別セキュリティー技術 |
| | | 認証・ID連携技術 |
| | | サイバー攻撃の検知・防御次世代技術 |
| | | プライバシー情報の保護と利活用 |
| | | デジタル・フォレンジック技術 |

4. ナノテクノロジー・材料分野（CRDS-FY2015-FR-05）

| 俯瞰区分 | 研究開発領域 | |
|---------------------|---|------------|
| 環境・エネルギー | 太陽電池 | |
| | 人工光合成 | |
| | 燃料電池 | |
| | 熱電変換 | |
| | 蓄電デバイス | |
| | パワー半導体 | |
| | グリーン触媒 | |
| 健康・医療 | 生体材料（バイオマテリアル） | |
| | 再生医療用材料 | |
| | ナノ薬物送達システム（ナノ DDS） | |
| | バイオ計測・診断デバイス | |
| | イメージング | |
| | <table border="1" data-bbox="624 1014 1436 1115"> <tr> <td data-bbox="624 1014 1436 1070">バイオイメージング</td> </tr> <tr> <td data-bbox="624 1070 1436 1115">生体イメージング</td> </tr> </table> | バイオイメージング |
| バイオイメージング | | |
| 生体イメージング | | |
| 社会インフラ | 構造材料 | |
| | <table border="1" data-bbox="624 1171 1436 1227"> <tr> <td data-bbox="624 1171 1436 1227">構造材料（金属系）</td> </tr> </table> | 構造材料（金属系） |
| | 構造材料（金属系） | |
| | <table border="1" data-bbox="624 1227 1436 1283"> <tr> <td data-bbox="624 1227 1436 1283">構造材料（複合材料）</td> </tr> </table> | 構造材料（複合材料） |
| | 構造材料（複合材料） | |
| | 水処理用分離膜 | |
| | 高温超伝導送電 | |
| | センシングデバイス・システム | |
| 放射性物質の除染・減容化など基盤的技術 | | |
| 情報通信・エレクトロニクス | 超低消費電力ナノエレクトロニクス | |
| | 二次元機能性原子薄膜（グラフェンなど） | |
| | スピントロニクス | |
| | フォトニクス | |
| | 有機エレクトロニクス | |
| | MEMS/NEMS | |
| | 異種機能三次元集積チップ | |

| | |
|--|------------------------------|
| 基盤科学技術 | 界面制御 |
| | 空間・空隙構造制御 |
| | 分子技術 |
| | バイオミメティクス |
| | 分子ロボティクス |
| | 元素戦略・希少元素代替技術 |
| | データ駆動型材料設計（マテリアルズ・インフォマティクス） |
| | トップダウン型プロセス（半導体超微細加工） |
| | ボトムアップ型プロセス |
| | ナノ計測 |
| | 走査型プローブ顕微鏡（SPM） |
| | 電子顕微鏡 |
| | 放射光・X線・粒子線 |
| | 超高速時間分解分光 |
| | 物質・材料シミュレーション |
| ナノテクノロジーのリスク評価・リスク管理・リスクコミュニケーションと社会受容 | |

5. システム科学技術分野（CRDS-FY2015-FR-06）

| 俯瞰区分 | 研究開発領域 |
|--------------|-------------------------------|
| モデリング | 先端的数理モデリング |
| | 先端的統計モデリング |
| | 行動のモデリングとソフトコンピューティング |
| | エージェント・ベース・シミュレーション |
| | データ設計 |
| | データ同化 |
| | モデルの正則化・最適化 |
| | 機械学習・データマイニング |
| | モデル統合に基づくシステム設計とその評価 |
| 制御 | 学習制御／適応制御 |
| | ロバスト制御 |
| | 最適制御／予測制御 |
| | 分散協調制御 |
| | 確率システム制御 |
| | ハイブリッドシステム制御 |
| | 大規模ネットワーク制御 |
| | 異常検出 |
| | 環境エネルギーとシステム制御 |
| | 都市インフラとシステム制御 |
| | 最適化 |
| 連続的最適化 | |
| 離散的最適化 | |
| 最適化計算 | |
| 最適化モデリング | |
| 最適化ソフトウェアと応用 | |
| ネットワーク論 | 複雑ネットワークおよび総論 |
| | 機械学習・データマイニング分野におけるネットワーク構造解析 |
| | ネットワークに関する離散数学 |
| | ネットワーク解析用ソフトウェア |

| | |
|-----------|--------------------------------------|
| 複雑システム | 複雑系生命科学 |
| | 複雑系脳・神経科学 |
| | 複雑系数学 |
| | 複雑系物理学 |
| | 複雑系数理モデル学 |
| | 複雑系社会学 |
| | 複雑系経済学 |
| サービスシステム | サービス価値創造基盤システム |
| | サービスシステムモデル |
| | 価値共創過程のモデリング |
| | サービスデザイン |
| | 価値共創の測定・評価 |
| | 製品サービスシステム (Product-Service Systems) |
| | 地域・コミュニティサービスシステム |
| | 対人サービスシステム |
| | IT サービスシステム |
| システム構築方法論 | 合意形成 |
| | 問題構造化技法 |
| | 高信頼要求工学 |
| | システムアシュアランス |
| | コンセプトエンジニアリング |
| | System of Systems (SoS) アーキテクチャ |
| | ライフサイクルマネジメント |
| | プロジェクトマネジメント |
| | 品質マネジメント |