



<http://www.toshiba.co.jp/rdc/>

CORPORATE RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER

研究開発センター



未来を描き、未来を創る。
Imagine the Future, Create the Future.

佐田 豊
Yutaka Sata
研究開発センター 所長
Director
Corporate Research &
Development Center

研究開発センターは、東芝グループにおける技術の源泉として、新規事業創出に向けた研究開発をミッションとしています。社会情勢や環境変化を捉え、社会課題の解決を目指した技術提案を行っています。

大規模複雑化する社会の多様なシステムを最適に制御することが、様々な社会課題の解決において求められています。その実現の鍵が「Cyber Physical Systems」です。

「Cyber Physical Systems」は、AI (Artificial Intelligence)とIoT (Internet of Things)を活用し、現実のシステムをデジタル上に再現したデジタルツインを通じた分析、予測、判断、制御のサイクルを回すことで、システムの最適制御を実現します。

私たちは、この「Cyber Physical Systems」を構成する4つの分野で革新的技術の研究開発に取り組み、社会課題の解決につながる新たな価値の創出を目指します。

The mission of the Corporate Research & Development Center is to conduct research and development to create new business as the source of technology for the Toshiba Group. The center also keeps its finger on the pulse of change in social conditions and the environment, and proposes technologies tailored to resolve social issues.

Optimum control of various social systems which are becoming larger in scale and more complex is needed in order to address a wide range of social issues. "Cyber Physical Systems" are key to achieving this.

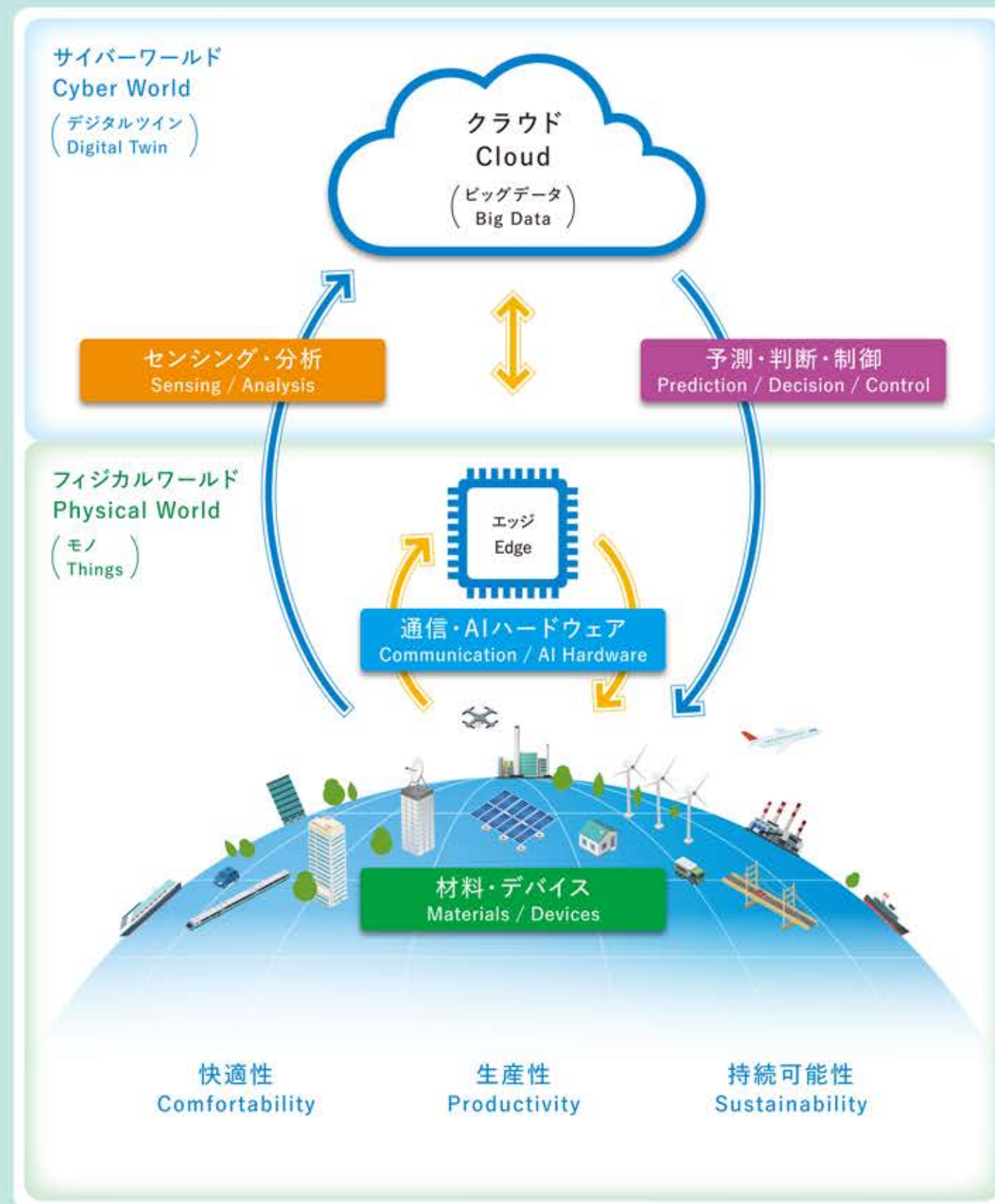
"Cyber Physical Systems" utilize AI (Artificial Intelligence) and IoT (Internet of Things) in order to achieve optimum system control by means of a cycle of performing analysis, prediction, decision and control on a digital twin reproduced from the actual system digitally.

We engage in the research and development of innovative technology in the four fields that make up "Cyber Physical Systems" with the objective of creating new value that will lead to the resolution of social issues.

「Cyber Physical Systems」を構成する4分野
Four fields comprising "Cyber Physical Systems"

センシング・分析 Sensing / Analysis	フィジカルワールドをセンシングし、状態を認識・理解。 Recognition of conditions through sensing of the physical world.	予測・判断・制御 Prediction / Decision / Control	フィジカルワールドの将来を予測し、最適制御。 Prediction & optimum control of the future physical world.
通信・AIハードウェア Communication / AI Hardware	フィジカルワールドとサイバーワールドをつなぐ。 Connect the physical world and the cyber world.	材料・デバイス Materials / Devices	フィジカルワールドのモノの高性能化。 Improve performance of things in the physical world.

Cyber Physical Systems(CPS)



Sensing / Analysis

センシング・分析

大規模かつ複雑な社会システムの自動化には、システムの状態や周囲の環境を的確に認識、理解することが重要です。そこでセンシングとAIを活用した分析技術によって、内部に隠れた問題の要因や、膨大な情報に埋もれた有益な知見なども獲得していく技術の開発を行っています。

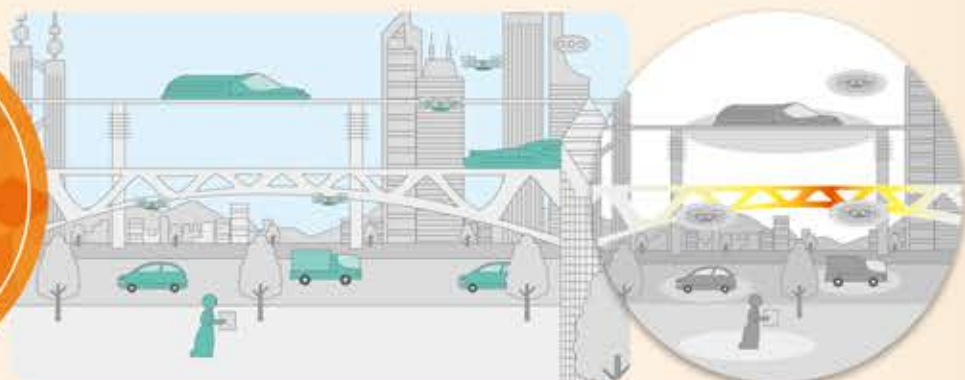
An accurate recognition and understanding of system conditions and the surrounding environment is important to facilitate automation of large-scale complicated social systems. Technology is being developed that applies analytical techniques utilizing sensing and AI in order to determine the hidden internal causes of problems and acquire beneficial knowledge buried in huge volumes of information.

問題の要因解明、隠れた情報の知識化

Clarifying Causes of Problems,
Transforming Hidden Information into Knowledge

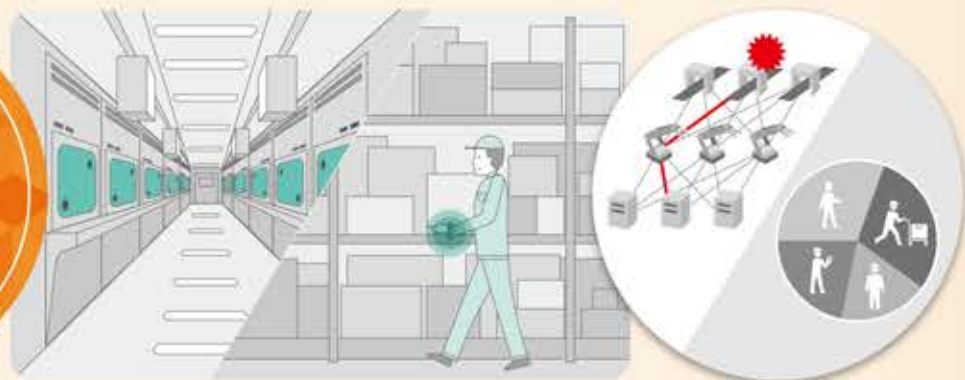
周囲・内部
状態把握

Obtaining a Grasp
of Surrounding and
Internal Conditions



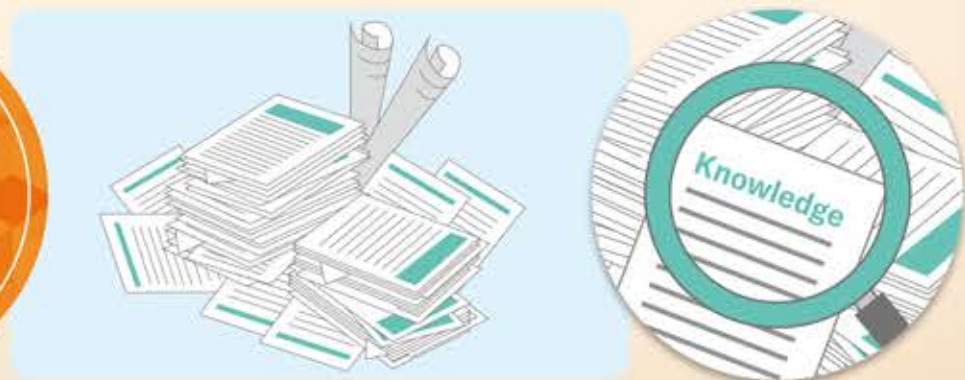
プロセス・
人間行動の分析

Analyzing Processes /
Human Behavior



知識の抽出

Extracting
Knowledge

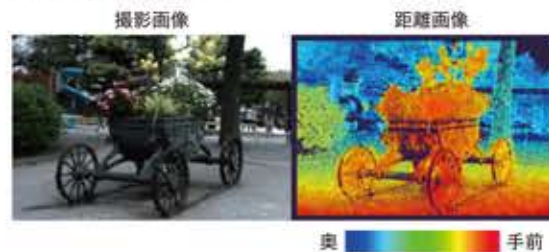


カラー開口撮像

Simultaneous color image and depth map acquisition

周囲の3次元情報を瞬時に取得できる視覚センサの実現を目指し研究を進めています。カラーフィルタと画像処理の組み合わせにより、単眼カメラで撮影した1枚の画像から、カラー画像と高精度な距離画像が得られる独自の撮像技術を開発しました。

Research is proceeding on achieving a visual sensor capable of instantaneously acquiring peripheral 3D information. Unique imaging technology has been developed by combining color filters and image processing which enables color images and high accuracy range images to be obtained from a single image taken with a monocular camera.



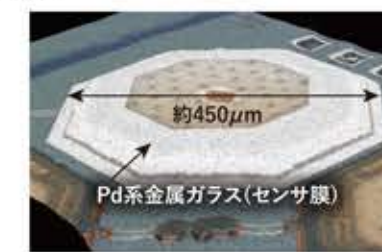
[単眼カメラの撮影画像(左)と本技術で得られた距離画像(右)]

水素センサ

Hydrogen Sensors

将来の水素社会の実現に向け、水素ガスの漏えいをすばやく検知できるセンサを開発しています。センサ膜にパラジウム系金属ガラスを使用した独自のMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)構造を採用することで、高速検知と低消費電力の両立を実現しました。

We are developing sensors that can quickly detect leakage of hydrogen gas to realize a future hydrogen society. It is based on a Toshiba-developed microelectromechanical system (MEMS) structure that employs a palladium-based metallic glass to realize both rapid detection and low power consumption, overcoming the usual trade-off of conventional sensors.



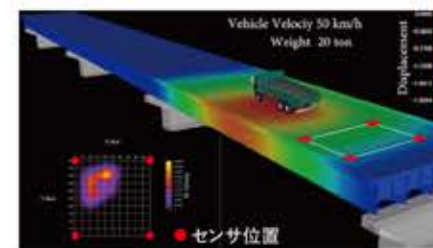
[試作した水素センサ]

インフラヘルスマニタリング

Infrastructure Health Monitoring

道路橋をはじめとしたコンクリート構造物の内部劣化を、常時監視するシステムを開発しています。損傷部から発生する弾性波をセンサで検出し、分析することで内部の損傷の検知が可能です。メンテナンスフリーの自律計測システムを目指しています。

Systems that continually monitor internal deterioration of road bridges and other concrete structures are being developed. Elastic waves generated from damaged areas are detected and analyzed in order to ascertain internal damage. We are striving to create a maintenance-free autonomous measuring system.



[橋梁モニタリングシステム概略図]

*本技術は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託研究事業「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」による成果を含みます。

データマイニング

Data Mining

AI・機械学習の技術を用いて、製造プロセスで蓄積されるビッグデータから自動的に製造不良を検出し、その原因を突き止める技術を開発しています。これにより、製造不良の監視・解析作業の自動化を目指します。

AI / machine learning technologies are being used to develop technology to automatically detect manufacturing defects from big data accumulated during the production process and pinpoint the cause. The ultimate objective is to automate manufacturing defect monitoring and analysis work.



[製造プロセスにおける不良原因の解明のフロー]

作業行動理解

Understanding Occupational Behavior

ウェアラブルデバイスを活用し、自動的に作業行動を分析する技術を開発しています。加速度・ジャイロなどのセンサ信号を解析し、作業の進捗に遅れないかなどの作業状況をタイムリーに把握することができます。製造品質の向上や作業期間の短縮など生産性向上に貢献します。

Technology is being developed that utilizes wearable devices to automatically analyze occupational behavior. Signals from accelerometers, gyroscopes and other sensors are analyzed to obtain a grasp of working conditions in a timely manner to determine if there are any delays or other problems with the progress of work. This technology will contribute to boosting manufacturing quality and enhancing productivity by shortening work time and making other improvements.



[作業行動分析の概略]

テキストマイニング

Text Mining

機械学習技術を用いてテキスト間の意味の類似性を捉える技術を開発しています。これにより、組織内に蓄積された大量の文書の中から、業務に必要な情報を的確に見つけられるようになります。

Machine learning technology is being used to develop technology that comprehends similarities in meaning between text. This will enable information required for operations to be accurately found from the large volume of documents accumulated within organizations.



[類似文書抽出の仕組み]

Prediction / Decision / Control

予測・判断・制御

複雑化した現在のシステムでは、あらかじめすべてを整備し、準備することは困難です。予期せぬ状況や不安定な環境でも安全で堅牢に対応でき、かつ複数のシステムが協働作業できる自動制御を、AIやロボティクスによって実現することを目指しています。

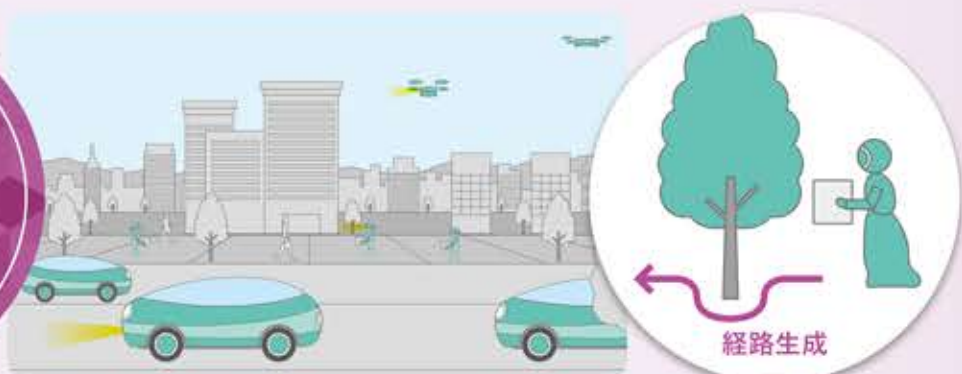
It is difficult to organize and prepare all aspects in advance in contemporary systems which are becoming more complicated. AI and robotics are being utilized in order to achieve automated control that enables cooperative work by multiple systems and facilitates safe and robust responses to unanticipated conditions and unstable environments.

大規模・複雑なシステムの自律制御

Autonomous Control of Large-Scale Complicated Systems

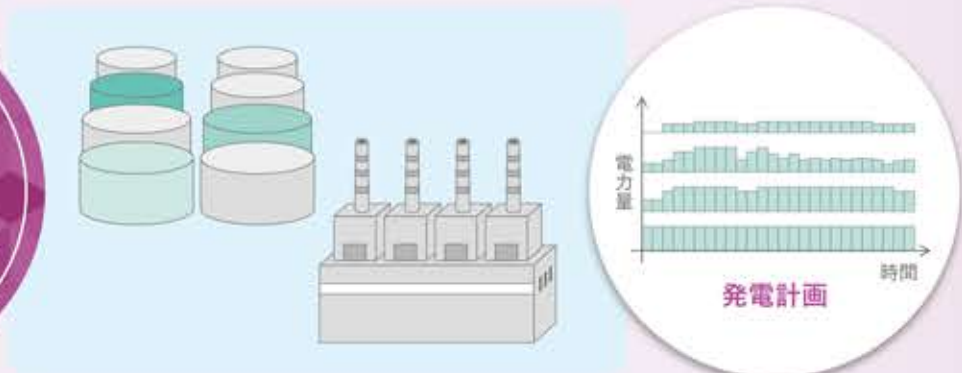
移動体・ロボットの自律動作

Autonomous Operation of Mobile Units / Robots



システムの予測・最適化

Prediction / Optimization of Systems



複数システムの協調動作

Coordinated Operation of Multiple Systems



自動走行技術

Autonomous Driving Technology

車載プロセッサで実現可能な自動運転技術の開発を進めています。周辺環境をLIDARやカメラ等で計測した情報を統合して障害物地図を生成する技術、さらには障害物と数千本の経路候補から、リアルタイムに走行経路を決定する技術を開発しました。

Development of self-driving technology that can be achieved with onboard processors is proceeding. Technology that integrates the surrounding environmental information measured with LIDAR, cameras and other devices in order to generate obstacle maps, as well as technology to determine the driving route in real time from obstacles and several thousand route candidates have been developed.



[障害物自動回避]

ハンドリングロボット

Handling Robot

ロボット自らが状況を認識し、適切な動作を計画して、環境に応じて物の操作を行う、自律的な物体ハンドリングロボットを開発しています。様々な種類や大きさの荷物の積み降ろしやピッキング作業を自動化し、物流の効率化を実現します。

An autonomous object handling robot has been developed that recognizes conditions itself, formulates an appropriate operation plan and manipulates objects according to the environment. This robot automates loading/unloading and picking of various types and sizes of goods, achieving highly efficient distribution.



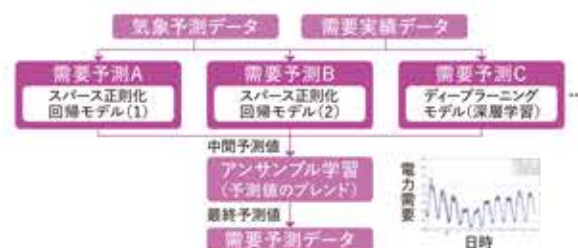
[自律的ハンドリングのためのアーキテクチャ]

電力需要予測技術

Power Demand Prediction Technology

電力の供給計画時に重要となる、需要予測技術に取り組んでいます。需要予測に有効な数値気象予報地点を選択するスパースモデリング技術と、複数の予測結果を時間ごとにブレンドするアンサンブル学習を組み合わせて、需要予測の高精度化を実現しています。

An accurate demand prediction is indispensable for the economical operation of an electric power system. This technology accurately predicts electric demand by combining several machine learning techniques. The sparse modeling technique is used for automatically selecting important features from weather forecast data. The ensemble learning technique is used for optimally blending several demand predictions with time dependent weights. Our demand prediction is one of the most accurate in the electric power industry.



[複数の予測結果をブレンドするアンサンブル学習]

装置管理技術

Equipment Maintenance Optimization Technology

製造装置・設備の効率的なメンテナンスのため、総コストが最小となる保守間隔を設定する技術です。蓄積された運用データをもとに、強化学習の一種であるBanditアルゴリズムを応用することで、少ない試行回数でもコスト最小の保守間隔を自動で算出可能となります。

This technology is used to set the maintenance interval that achieves the lowest total cost in order to enable the efficient maintenance of manufacturing equipment. The Bandit algorithm can adjust the maintenance interval with the lowest cost automatically calculated in a small number of trials based on accumulated operation log data.



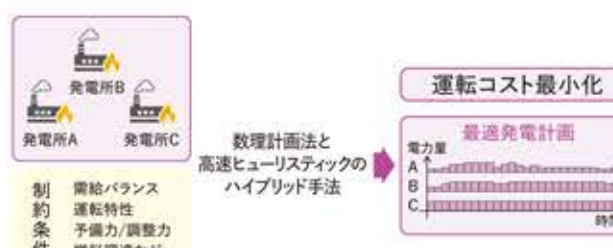
[製造装置における保守間隔の自動算出の仕組み]

プラント運転最適化技術

Plant Operation Optimization Technology

複数の発電所を連携させ、効率的に運転するための技術を開発しています。数理計画法と高速ヒューリスティックのハイブリッド手法で、多様な制約条件のもと、発電所を最適に組み合わせ、最小の運転コストによる発電計画を自動で作成することが可能になります。

Technology is being developed that links multiple power plants in order to facilitate efficient operation. Our brand-new hybrid approach of mathematical programming and a fast heuristic automatically enables construction of operation schedules for power generation plants with minimal costs, satisfying various kinds of conditions simultaneously.



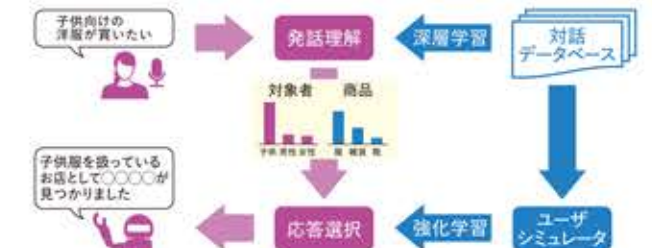
[発電所運転計画の概略]

音声対話

Spoken Dialogue System

人からの要望を正確に理解し、適切な応答を返すための音声対話技術を開発しました。深層学習の導入による人の発話を理解する性能の向上を進めています。さらには、応答内容を決定する対話シナリオを、強化学習を用いて自動で生成する技術の開発も進めています。

Spoken dialogue technology has been developed to understand users' requests and make an appropriate response. Deep machine learning is being introduced in order to improve understanding of user utterances. Furthermore, work is proceeding on the development of technology that uses reinforcement learning to automatically generate dialogue scenarios that determine the response.



[音声対話のフロー概略]

Communication / AI Hardware

通信・AIハードウェア

広範囲からセンシングによって収集した大量のデータを、安全かつ高速で処理するためには、通信とコンピューティング技術のさらなる進化が必要です。そこで、メンテナンスフリーな通信を実現する無線技術、超高速処理を可能にする次世代AI処理プロセッサと量子コンピュータ、重要インフラや超高機密情報を守るセキュリティの進化に取り組んでいます。

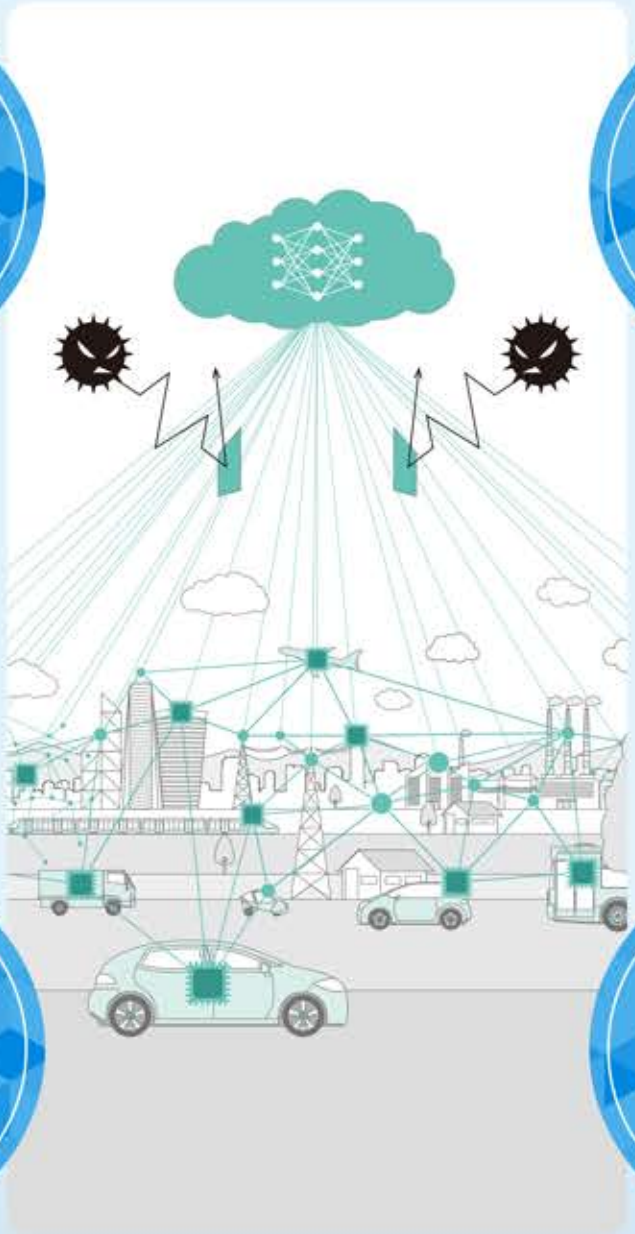
Communications and computing technology need to further evolve in order to safely process the large volumes of data at high speed collected by means of sensing from a broad area. For this purpose, work is proceeding on the development of wireless technology that achieves maintenance-free communication, next-generation AI processors and quantum computers that enable ultrahigh-speed processing and security to protect ultra-top secret information.

安全かつ高速なデータ処理

Safe and High-Speed Data Processing

量子
コンピュータ
Quantum
Computer

セキュリティ技術
Security
Technology



専用
AIハードウェア
Dedicated
AI Hardware

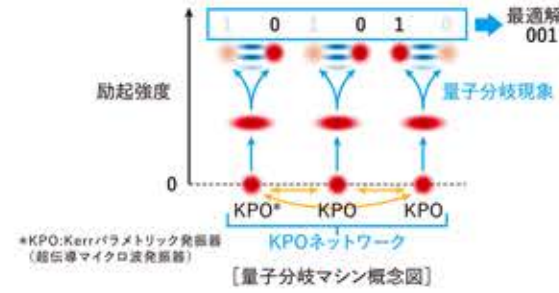
無線技術
Wireless
Technology

量子分岐マシン

Quantum Bifurcation Machine

様々な社会課題に現れる組み合わせ最適化問題を、高速に解く新たな計算機技術です。量子力学的な分岐現象によって生じる量子重ね合わせ状態を利用した、新型の量子コンピュータ「量子分岐マシン」を提案しました。超伝導回路による実装を目指した研究開発を進めています。

This is a new computer technology to solve optimization problems for various emerging social issues at high speed. A new type of quantum computer called a "Quantum Bifurcation Machine" has been proposed that harnesses the quantum superposition states created by quantum-mechanical bifurcation phenomena. Research and development is being conducted to implement this technology with superconducting circuits.



*KPO: Kerrパラメトリック発振器 (超伝導マイクロ波発振器)

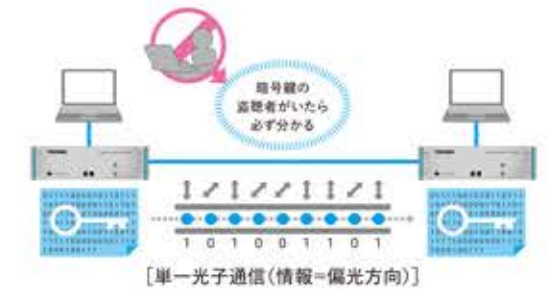
[量子分岐マシン概念図]

量子暗号通信

Quantum Cryptography

観測すると状態が変化するという光子の量子力学的な性質を利用し、盗聴を確実に検出できる量子暗号通信システムを開発しています。量子コンピュータを使っても解読できない究極の通信セキュリティを実現します。

Quantum cryptography is a promising communication technology whose security is guaranteed by the quantum characteristic of particle photons that changes state when measured. This achieves the ultimate communications security that is resilient to attack even by quantum computers.



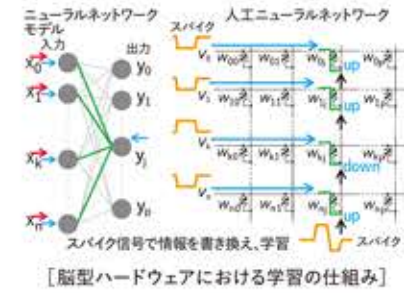
[単一光子通信(情報-偏光方向)]

脳型ハードウェア

Brain Type Hardware

超低消費電力で自ら学習するAIの実現を目指し、脳の動作原理を応用したハードウェアの研究を行っています。これにより、個別の機器で自律的な学習がリアルタイムでできるようになり、モビリティやロボットの自律化やインフラ監視機器の完全自動化等への応用が期待できます。

Research is being conducted on hardware that applies operation principles of the brain with the objective of achieving AI that learns itself with an extremely low level of power consumption. This will enable autonomous learning by individual devices in real time, and can be expected to be applied to making mobility devices and robots autonomous, as well as the complete automation of infrastructure monitoring devices.



[脳型ハードウェアにおける学習の仕組み]

重要インフラセキュリティ

Critical Infrastructure Security

社会インフラ等の制御システムを、サイバー攻撃から守る技術の開発を進めています。独自の攻撃モデルに基づいたシステム横断分析により従来検知が困難であった攻撃もリアルタイムで検知可能な手法を開発しています。

Technology is being developed to protect social infrastructure and other control systems from cyber attacks. System cross-section analysis based on unique attack models is being used to develop techniques that can detect attacks in real time that were difficult to detect in the past.



[インフラセキュリティの概念図]

省電力無線メッシュネットワーク

Low Power Wireless Mesh Network

長時間の電池駆動を実現することで、電源線を使わないワイヤレスなメッシュネットワーク型無線装置を開発しています。広くて障害物の多い場所でも、センサデータを発信するノード間を無線信号で中継することにより、通信で人やモノを安心してつなぐことができます。

Wireless mesh network devices that do not use power lines are being developed by achieving battery drive over long periods of time. These devices enable people and things to be connected in a secure manner with communication by relaying sensor data with wireless signals between nodes even in locations with many obstacles or over a wide area.



[メッシュネットワーク概略図]

無線電力伝送

Wireless Power Transfer

送電コイルと受電コイルの間の磁界結合状態での共振現象を活用して、大電力を非接触で高効率に安全に送電します。電気自動車や産業機器を所定の位置に停めるだけで充電が可能になるため、幅広い応用が期待されています。

The resonance phenomena with magnetic coupling between two power transmission coils realizes the efficient and safe transmission of high power electrical energy without physical connection. This capability for automatic charging just after parking electric cars and industrial vehicles is expected to broaden the field of applications.



[想定される利用シーン]

Materials / Devices

材料・デバイス

持続可能性や健康・快適を実現するシステムのキーコンポーネントのさらなる高性能化や新機能の実現が期待されています。低炭素社会に向けた、高効率デバイスや未利用エネルギーの活用を可能にする技術の研究を進めています。さらには、革新的医療に向けたバイオテクノロジーにも取り組んでいます。

A key component realizing higher performance or a new function could be required for future systems of sustainability and healthy and comfortable society. To accelerate carbon-free society, our research fields ranges from developing energy saving devices to converting unused energy to valuable energy. Biotechnology for creating innovative medical technology are also done.

持続可能性 / 快適・健康

Sustainability / Comfortability

未利用エネルギー
活用

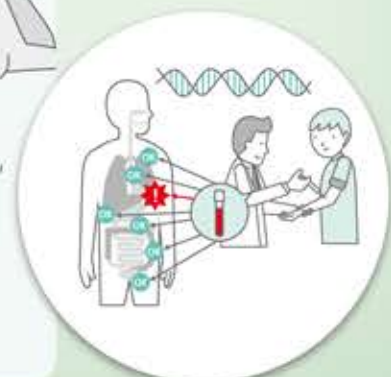
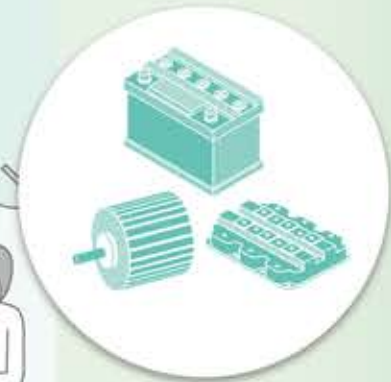
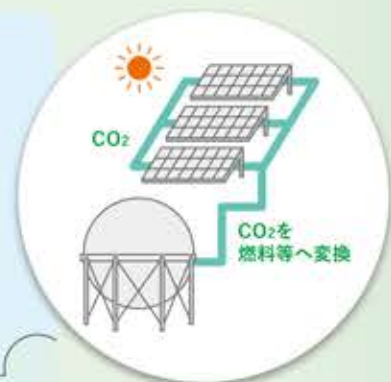
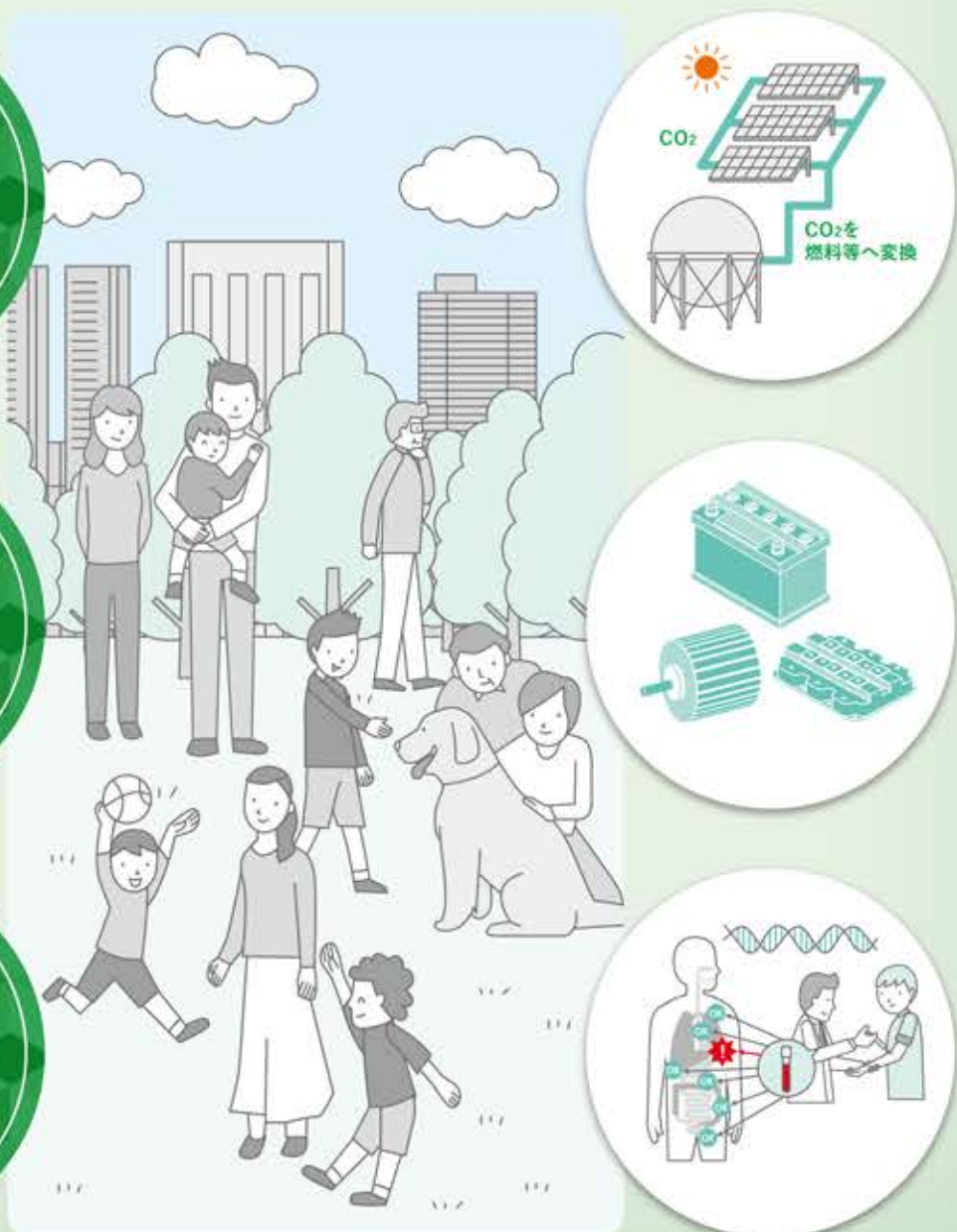
Utilization of
Unused Energy

高効率
デバイス

High-Efficiency
Devices

革新的医療

Innovative Medical
Technology

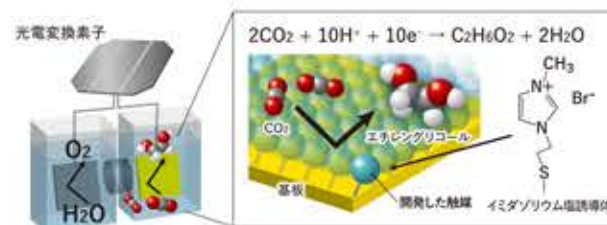


ソーラーフューエル

Solar to Fuel

太陽の光エネルギーを用いてCO₂を化学物質に変換する技術が「ソーラーフューエル」です。分子設計技術駆使した高性能な電気化学触媒を用いて、CO₂からダイレクトに価値の高いエチレングリコールを生成させることに成功しました。

"Solar to Fuel" technology uses solar energy to convert CO₂ into chemical energy. High performance electro-catalysts produced with molecular design technology have been utilized to enable high value-added ethylene glycol to be generated directly.



ソーラーフューエル

[ソーラーフューエルの概略図]

次世代パワーデバイス

Next Generation Power Devices

シリコンに代わるワイドバンドギャップ材料SiC(炭化珪素)やGaN(窒化ガリウム)を活用し、電力機器の大幅な省エネを実現するパワー半導体デバイスを開発しています。インバータや電源の小型化・高効率化を加速させ、情報機器電源やハイブリッド車、太陽光発電などのエネルギー効率向上を目指します。

Wide band gap power semiconductor devices such as SiC (Silicon Carbide) and GaN (Gallium Nitride) devices which have superior material performance compared to silicon are being developed to realize significant energy savings in power electronics converters. We are striving to accelerate the trend to make inverters and power supplies more compact and highly efficient, and enhance energy efficiency of information device power supplies, hybrid vehicles, solar photovoltaic generation and other systems.



[次世代パワーデバイスの適用例]

重希土類フリー磁石

Heavy Rare Earth Free Magnets

希少資源のジスプロシウムを使わない高効率モータ用磁石を開発しています。現在最強といわれるネオジム磁石と同等以上の性能を高温下で実現しました。耐熱性が要求される自動車・鉄道車両の駆動モータや産業用モータ等での利用を目指します。

Magnets for high-efficiency motors that do not use the rare resource of dysprosium are being developed. Performance at high temperatures equal to or higher than neodymium magnets which are currently considered the strongest type of magnets has been achieved. The objective is to use these batteries in drive motors for automobiles and railway cars, in industrial motors and other motors where a high level of heat resistance is required.



[本技術の適用例]

フィルム型太陽電池

Film-Based Photovoltaics

軽量で壁や窓、曲面箇所にも設置可能な、フィルム型太陽電池を開発しています。独自の塗布印刷技術を用いた、フィルム型ペロブスカイト太陽電池モジュールで、13.7%(当社測定)と世界最高*(2018年3月現在)の変換効率を達成しました。太陽電池の設置形態を拡大し、再生可能エネルギーの活用を促進します。

*フィルム型ペロブスカイト太陽電池モジュールとして。

Film-based photovoltaic modules have been developed that are lightweight and can be installed on walls, windows and curved surfaces. A proprietary film-coating technology has been used to achieve the world's highest conversion efficiency* (as of March, 2018) of 13.7% (Toshiba measurement) in a film-based perovskite photovoltaic module. This module expands installation applications for solar cells, promoting the utilization of renewable energy.

*For film-based perovskite photovoltaic modules.



[フィルム型ペロブスカイト太陽電池モジュール]

*本技術は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託事業「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」による成果を含みます。

次世代SCiB™

Next Generation SCiB™

急速充電、長寿命、高出力、高エネルギー密度の二次電池を開発しています。破裂や発火の危険性が極めて低い安全性と優れた耐久・寿命性能で、車載用や社会インフラ用などの大型二次電池としての利用を目指します。

Secondary batteries featuring fast charging, long life, high output and high energy density are being developed. The objective is to create large secondary batteries which are highly safe, feature extremely low risk of rupture or ignition, and offer superior durability and life performance that can be used in vehicles, social infrastructure and other applications.



[試作した容量50Ahの次世代SCiB™]

*本技術は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業の成果を一部活用しています。

マイクロRNA検出技術

MicroRNA Detection Technology

早期のがんの発見を可能にする期待されている、血液中のマイクロRNAを検出するための研究を行っています。東芝が得意とする電気化学的なDNAチップ技術を利用することで、簡便・迅速・高感度ながん診断技術の実現を目指します。

We are studying detection technology of microRNA in blood which is expected to enable early detection of cancer. Easy, quick and highly sensitive cancer diagnosis will be realized by Toshiba original electrochemical DNA chip technology.

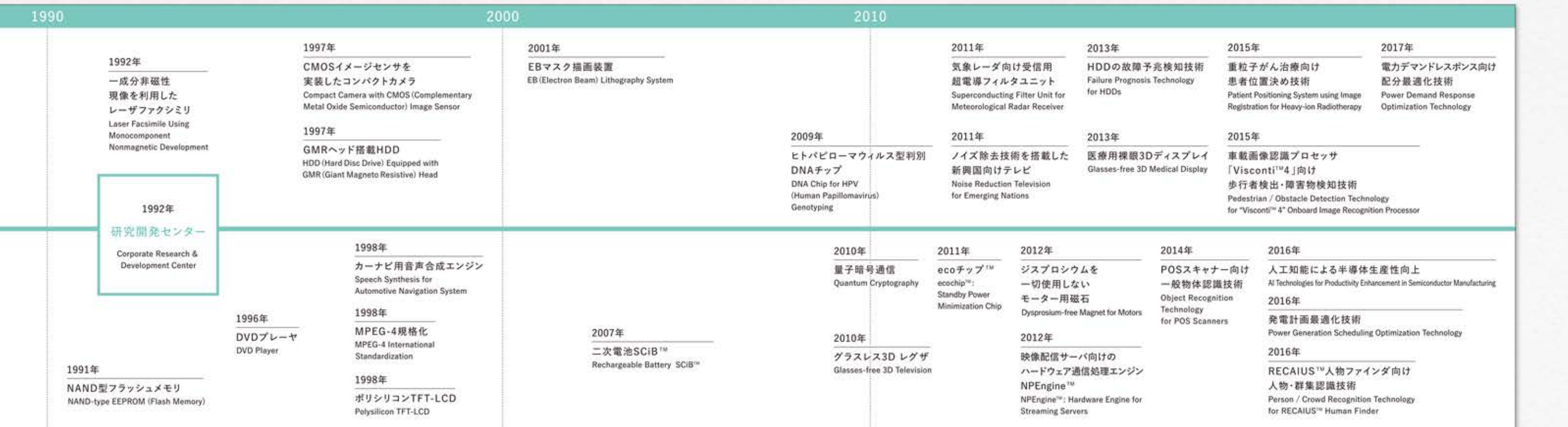
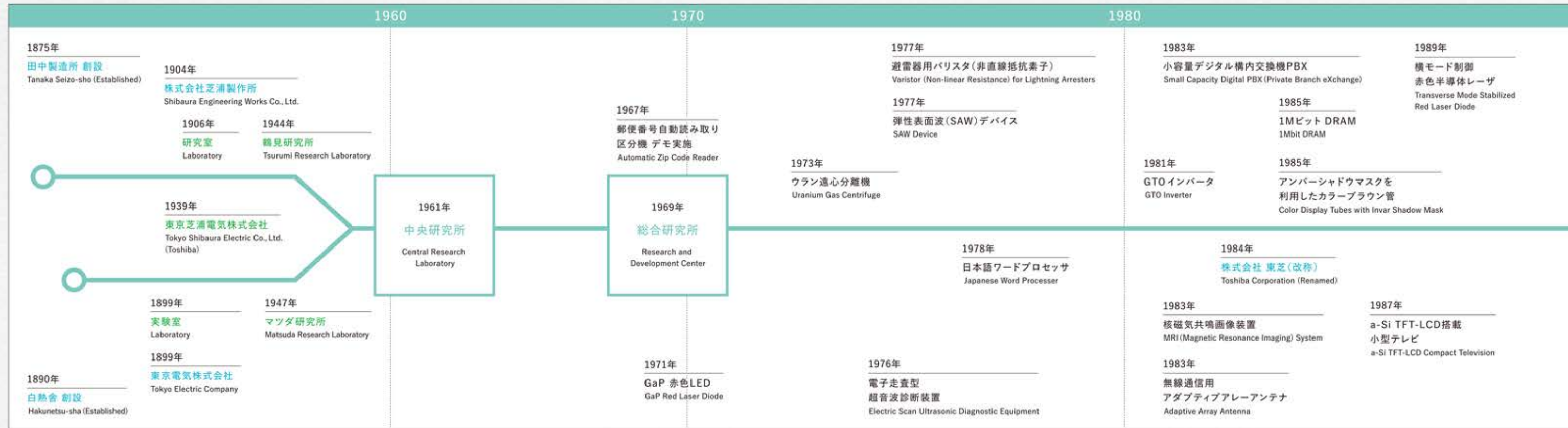


[マイクロRNAとがんの関係(一例)]

*国立研究開発法人 日本医療研究開発機構(AMED)「次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業 体液中マイクロRNA測定技術基盤開発」の助成を受けて実施しています。

研究開発センターの主な研究成果と製品

Major R&D Results and Products



研究開発センター関連組織

東芝は、国内外の研究所を中心に、外部と連携して研究を進めるオープンイノベーションを推進。
 新技術を創出するとともに、開発期間の短縮にも貢献しています。

Organizations Related to the Corporate Research and Development Center

Toshiba promotes open innovation by conducting cooperative research with external research institutes and other organizations in Japan and abroad.
 This contributes to the creation of new technologies and shortens the period needed for development.



1 株式会社 東芝
 研究開発本部
 研究開発センター
 TOSHIBA CORPORATION
 Research & Development Division
 Corporate Research & Development
 Center



国立研究開発法人
 理化学研究所
 革新知能統合研究センター
 RIKEN Center for
 Advanced Intelligence Project
 AIソフトウェア
 AI Software

大学共同利用機関法人
 情報・システム研究機構
 統計数理研究所
 Research Organization of Information and Systems
 The Institute of Statistical Mathematics
 機械学習
 Machine Learning

AI・機械学習における国内研究機関との連携
 Cooperating with Domestic Research Institutions in AI and Machine Learning

※2018年3月時点における連携先の一部を記載

2 東芝欧州研究所
 Toshiba Research Europe Limited

ケンブリッジ研究所
 Cambridge Research Laboratory

通信研究所
 Telecommunications Research Laboratory




ケンブリッジ大学
 University of Cambridge
 量子情報・音声・コンピュータビジョン
 Quantum Information / Speech / Computer Vision

ブリストル大学
 University of Bristol
 無線ネットワーク・信号処理
 Wireless Network / Signal Processing

3 東芝アメリカ研究所
 Toshiba America Research, Inc.



スタンフォード大学
 Stanford University
 AIハードウェア
 AI Hardware

ジョンズホプキンス大学
 Johns Hopkins University
 AIハードウェア・ナノデバイス
 AI Hardware / Nano Devices

4 東芝中国社
 研究開発センター
 Toshiba (China) Co., Ltd.,
 R&D Center



中国科学院
 Chinese Academy of Sciences
 音声・言語処理技術
 Speech / Language Processing Technology

5 東芝ソフトウェア・インド社
 R&D部門
 Toshiba Software (India) Pvt. Limited,
 R&D Division



インド理科大学院
 Indian Institute of Science
 データ分析技術
 Data Analysis Technology

海外研究所をハブとした海外大学連携
 Cooperating with Overseas Universities through the Global R&D Centers as Hubs for a Research Network