



JAPAN PRIZE

2020 Japan Prize受賞者決定



ロバート・ギャラガー 博士
マサチューセッツ工科大学名誉教授
米国



スバンテ・ペーボ 博士
マックス・プランク進化人類学研究所 教授
スウェーデン

「エレクトロニクス、情報、通信」分野

情報理論・符号理論に対する先駆的貢献

テレビやパソコン、携帯電話など生活に身近な通信機器から、素粒子物理学や天文学などビッグデータを駆使する最先端の研究にいたるまで、デジタル情報通信は、今日の社会を支える基盤技術の一つです。

しかしながらデータ通信を行う際には、外部から入るノイズ(雑音)などの影響により、誤りが生じます。そこで、この誤りを検出して訂正するための方法が、長年にわたり研究されてきました。

ロバート・ギャラガー博士が提案したLDPC 符号(低密度パリティ検査符号: Low-Density Parity-Check Codes)は、きわめて高い信頼性があり、また実用面でも優れています。第5世代移動通信システム(5G)での採用をはじめ、高速大容量通信を支える技術として期待されています。

「生命科学」分野

古代人ゲノム解読による古人類学への先駆的貢献

私たちはどこから来たのか……。

「現生人類(ヒト)の誕生と進化」の解明は、古人類学の大きな課題の一つです。古人類学では、発掘された骨や歯の化石の形態をもとに、その進化や分類が論じられてきましたが、1980年代の中頃に、スバンテ・ペーボ博士は、DNAを抽出して解析する「遺伝学的手法」を取り入れ、以来この方法で現生人類の進化の核心に迫る成果を次々にあげてきました。

特に、ネアンデルタール人のDNA解析の結果から、現生人類の祖先とネアンデルタール人が交雑していたことを明らかにしました。また、ロシアのデニソワ洞窟から発掘された骨の化石のDNAからは、これまで知られていなかったデニソワ人の存在を明らかにしました。

博士は、古代人DNAの解析を通して、現生人類とはなにかという根源的な問題に新たな光を当てたのです。

JAPAN PRIZE

Japan Prize(日本国際賞)は1981年、「国際社会への恩返しの意味で、日本に科学技術の分野で世界的な賞を作ってはどうか」との日本政府の構想に多くの方々が寄付をもって応え、1983年に閣議了解を得て実現したものです。Japan Prizeは科学技術の進歩に対する貢献だけでなく、私たちの暮らしに対する社会的貢献も審査基準として、人類の平和と繁栄に貢献

する著しい業績をあげた人に授与されます。

本賞は、科学技術の全分野を対象とし、科学技術の動向等を勘案して、毎年2つの分野を授賞対象分野として指定します。原則として各分野1件に対して授与され、受賞者には賞状、賞牌及び賞金5,000万円(各分野)が贈られます。

情報理論・符号理論に対する先駆的貢献

ロバート・ギャラガー博士

1931年5月29日生まれ(88歳)
マサチューセッツ工科大学名誉教授

デジタル情報通信における誤り訂正の方法

遠隔手術や自動運転などを実現するためには、誤りのない正確なデータを遅延なく送受信する必要がありますが、デジタル情報通信では、通信機器の不具合や雑音電波などに起因するさまざまなノイズ(雑音)が入るために、有線でも無線でも誤りが発生します。これらの雑音の多くは除去することができないため、通信の方法を工夫して、誤りを検出、訂正する必要があります。

もっとも簡単な方法の一つは、データを重複して送ることです。「01」というデータを3回重ねて「01 01 01」として送信すれば、その中の一つがエラーを起こして「11 01 01」を受信しても、多数決により「01」という正しいデータに戻すことができます。

このとき、余分なデータを付け加える操作を「符号化」、誤りを訂正して正しいデータに戻すことを「復号」といいます。

LDPC符号の原理と特徴

けれどもこの方法は無駄なデータ通信が多く、信頼性もあまり高くありません。1950年代の通信エンジニアが知っていたより良い方法は、長いデータをグループ分けし、縦列と横列に配置することでした。図2が示すように、検査記号が各行と各列に追加されます。その行または列の1の数が奇数の場合は検査記号が「1」、それ以外の場合は「0」に設定されます。特定の行と列の送信データでエラーが発生した場合、その列と行の検査記号はエラーの場

図1 デジタル情報通信における誤り訂正の方法

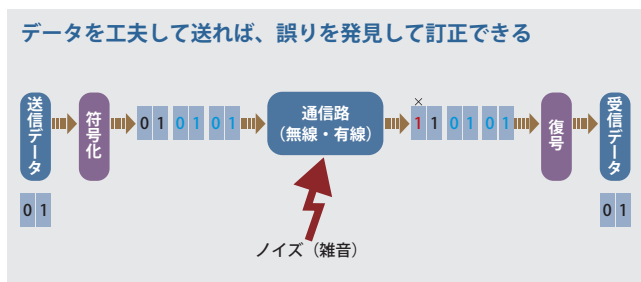
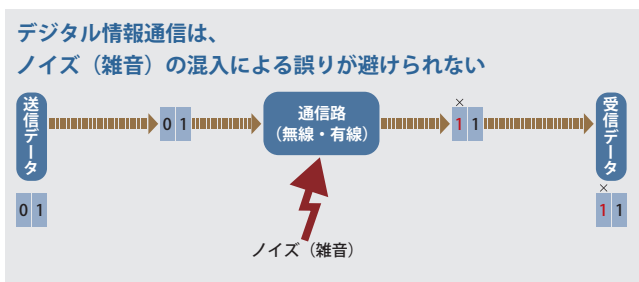


図2 パリティ検査によるエラー訂正例

データをグループ分けして検査する方法を用いる



信頼性の高さと効率のよさを共に実現

- ①長い符号に対して縦横のグループの代わりにランダムに選択したグループを用いる。
- ②グループ規模を小さくして、復号を簡素化。

所を示してくれるので修正することができます。

1950年代の多くの研究は、ハミング符号、BCH符号、RS符号やLDPC符号を含む、このアプローチの改善に費やされました。これらの符号体系はすべて、上記の行と列のグループ分けを任意のデータサブセットに置き換えます。次に、検査記号が各サブセットに追加され、送信後に誤ったパリティを持つ検査記号に従ってエラーが修正されます。

ギャラガー博士が発明したLDPC符号では、エラー修正の実装を簡素化するため、データのブロック全体は非常に大きく、上記のサブセットはそれぞれ非常に小さくなるように設計されています。

博士は、これらのサブセットを一定の小さなサイズに保ちながら、ブロック全体の長さを増やすことによって、高信頼性でありながら通信路容量に近づけることを実証しました。

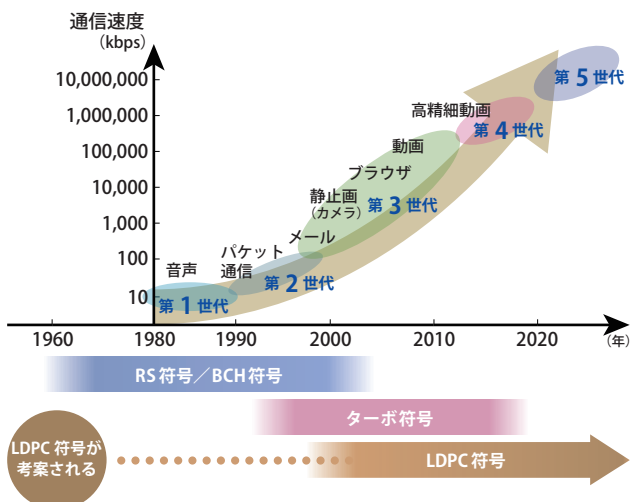
2000年以降に主流となったLDPC符号

ギャラガー博士がLDPC符号を提案したのは1960年代でした。けれども当時のコンピュータでこの方法を実用化することはできず、その後約30年間、このアイデアは放置されていました。

1990年代に入り、コンピュータの処理能力が飛躍的に向上したことから、その実用化に向けた研究が活発になりました。1998年には理論的にも優れた方法であること

図3 2000年以降、主流となったLDPC符号

飛躍的に高まる無線の通信速度と通信機器の発展



が示され、大容量情報通信システムへの適用が一気に進みました。

2000年代以降、LDPC符号はデジタルテレビ衛星放送、10ギガビット有線LAN、WiMAX高速データ通信、第5世代移動通信システム(5G)などのデジタル通信システム、ハードディスクや半導体大容量記憶装置などのデジタル記録システムなどに次々に採用され、現代のデジタル化社会を支えるきわめて重要な基盤技術となっています。

超スマート社会(Society 5.0)の実現に貢献する技術

LDPC符号は、現在、LDPCを凌ぐ実用的な符号がほかに存在しないこと、今後コンピュータ処理能力のさらなる飛躍的向上が考えられることなどから、その適用範囲はさらに広がることが予想されます。

未来社会の姿とされている超スマート社会(Society 5.0)でも、サイバー空間(コンピュータ上の仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させるにあたり、情報通信の高速化、大容量化、高信頼化、低消費電力化等の諸課題の解決に、本質的かつ基本的な役割を果たすことが期待されています。

図4 超スマート社会(Society 5.0)の実現に貢献する技術

LDPC符号は情報通信の高速化、大容量化、高信頼化、低消費電力化を支える技術



古代人ゲノム解読による古人類学への先駆的貢献

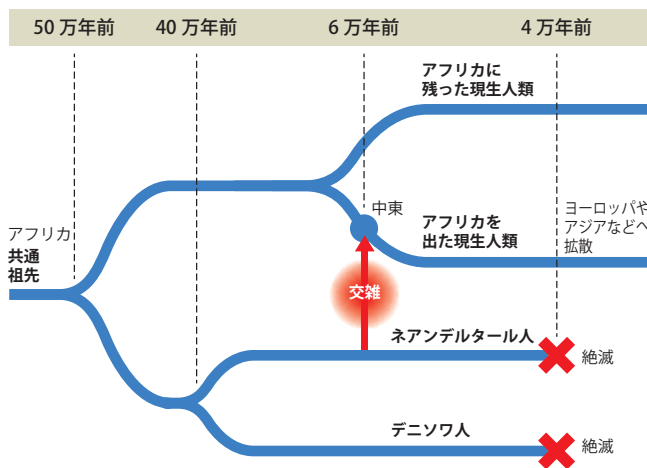
スバンテ・ペーボ博士

1955年4月20日生まれ(64歳)
マックス・プランク進化人類学研究所 教授

現生人類の祖先とネアンデルタール人は交雑していた

ネアンデルタール人は、かつて存在していた人類です。今から50万年ほど前にアフリカを出てヨーロッパから中近東にかけて広く住んでいましたが、4万年ほど前に絶滅しました。そのため現生人類とは無関係と考えられてきたネアンデルタール人ですが、博士が、発掘されたネアンデルタール人の骨のDNAを解析したところ、そのDNAが現生人類に受け継がれていることがわかりました。

図1：現生人類の祖先とネアンデルタール人は交雑していた



主な成果① ミトコンドリア DNA を解析 (1997年)

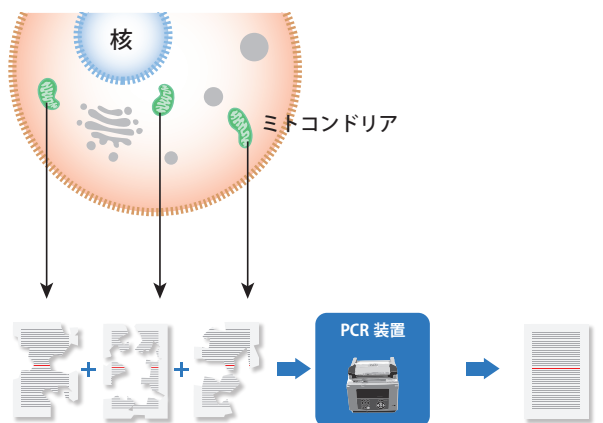
古代人DNAの研究の難しさは、生物の設計図であるDNAが、時間とともに分解されて断片化し、解析に必要な量を簡単に確保できないことです。断片化したごく少量のDNAを増やすため、博士は開発されたばかりのDNA増幅法「PCR (Polymerase chain reaction) 法」を採用しました。しかしこの方法では、空気中のチリや人の汗などから混入した現代のDNAでも、古代人DNAと配列

が似ていれば増幅してしまいます。古代人DNAの扱いには細心の注意が必要なため、博士はDNA抽出法の確立やクリーンルームの設置など新しい研究法を工夫しました。

1997年、まずネアンデルタール人のミトコンドリアDNAの配列の一部を決定、その後、全配列を決めました。ミトコンドリアは、細胞内小器官の一つで、核とは別のDNAをもっています。ミトコンドリアDNAは16000塩基対と短い上に、1個の細胞に数千個あって量を確保しやすかったため、当時のPCR法とDNA解析技術で配列を決めることができました。

これを現生人類のミトコンドリアDNAと比較すると、共通点は見つけられず、それまで言われてきたように、ネアンデルタール人は現生人類の直系の祖先ではないという結果になりました。

図2：主な成果① ミトコンドリアDNAを解析(1997年)



生命の設計図の一部であるミトコンドリアDNAは時間とともに分解され断片化している

読みたいDNA断片を増幅

DNA断片の配列をつなぎ合わせてミトコンドリアDNAの配列を決定

断片化したDNAは、破れて一部しかない文書のようなものです。約16000塩基対というミトコンドリアDNAは、1ページに相当する文書です。様々な断片化したDNAをPCRで増幅し、これらを解析してつなぎ合わせ、1997年、ミトコンドリアDNA配列の最も変化の多い部分を決定しました。

主な成果②

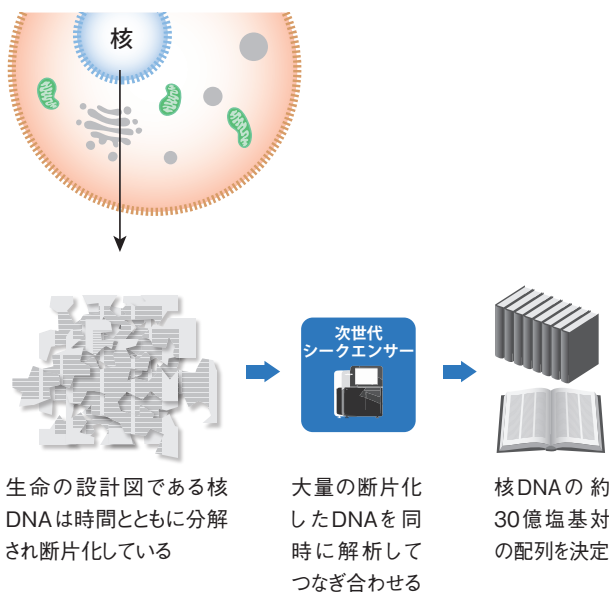
核DNAを解析(2010年)

博士は、ミトコンドリアDNAの解析だけでは、現生人類の進化に迫ることはできないと考えました。2000年代に入り、同時に大量のDNA配列を決めることができる「次世代シーケンサー」が登場したので、これを利用して、2010年、世界で初めてネアンデルタール人の核DNAの全領域の配列を決定しました。大量のDNA断片を解析し、それらをジグソーパズルを組み立てるように現代人の参照配列に貼り付け(mapping)、約30億塩基対という長い核DNAの配列を決定したのです。

この核DNAの解析から、アフリカ人を除く現生人類の全DNAの1~4%がネアンデルタール人から受け継がれていることがわかりました。現生人類の祖先はネアンデルタール人と交雑していたのです。

さらに博士は、ロシアのデニソワ洞窟から出土した骨片から核DNAの配列を決定し、それが未知の人類だったことから、「デニソワ人」と命名しました。

図3：主な成果② 核DNAを解析(2010年)



断片化したDNAは、破れて一部しかない文書のようなものです。約30億塩基対という長い核DNAは、たくさんの書籍に相当する文書です。次世代シーケンサーで大量の断片化したDNAを解析してつなぎ合わせ、すべての書籍を復元しました。

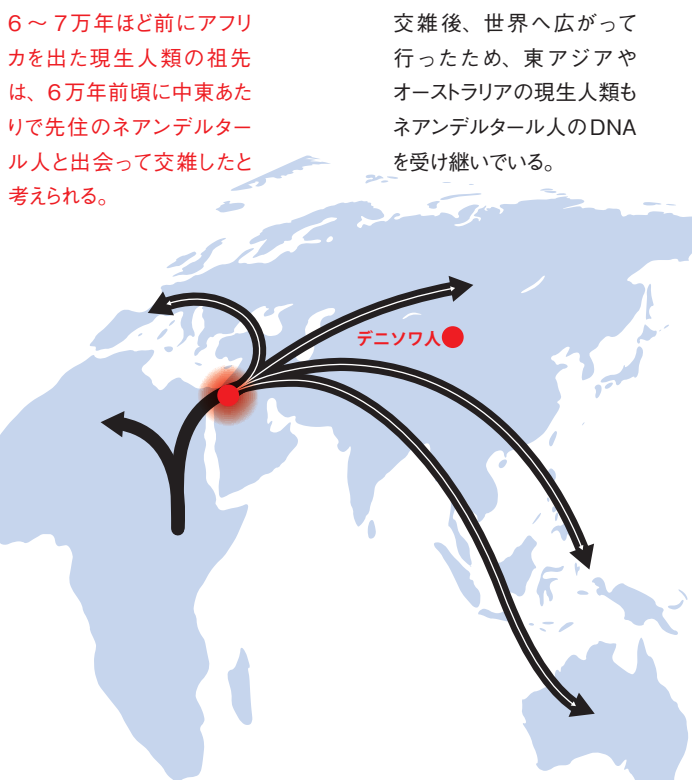
古人類学への大きな貢献

ネアンデルタール人のDNAを、アフリカ人以外の現生人類が受け継いでいるという事実は、「6~7万年前にアフリカを出た現生人類の祖先が、6万年前頃に中東あたりで先住のネアンデルタール人と出会って交雑した後、世界中に広がっていった」という現生人類の移動のシナリオを描き出します。

このように、博士の古代の骨を用いたDNA解析は、「現生人類の起源」を探る古人類学の研究を一変させました。さらに博士の研究手法や成果は、人類学、考古学、歴史学など現生人類に関わるすべての学問分野に大きなインパクトを与え、その発展に寄与しました。

現在は、マックス・プランク進化人類学研究所の教授として、多くの古人類のゲノムプロジェクトを牽引し、古人類学のゲノム研究を広げるとともに、多くの研究者を育成しており、この分野への貢献は計り知れません。

図4：古人類学への大きな貢献



Japan Prizeの推薦と審査

- 国際科学技術財団内に設けられた「分野検討委員会」が、翌々年の日本国際賞の授賞対象となる2分野を決定し、毎年11月に発表します。同時に財団に登録された世界16,000人以上の推薦人(著名な学者・研究者)にWEB推薦システムを通じて受賞候補者の推薦を求めています。推薦受付は翌年1月末に締め切られます。
- 各分野毎に科学技術面での卓越性を専門的に審査する「審査部会」で厳選された候補者は「審査委員会」に答申され、そこで社会への貢献度なども含めた総合的な審査が行われ、受賞候補者が推挙されます。
- 「審査委員会」からの推挙を受け、毎年11月の財団理事会で受賞者の最終決定が行われます。
- 翌年2月には当該年度の受賞者発表を行い、毎年4月に授賞式を開催します。

このようにJapan Prizeは、授賞対象分野検討開始から授賞式での贈賞まで、約2年をかけた慎重、丁寧なプロセスで運営されています。



2020年(第36回)Japan Prize審査委員会委員

委員長

- 浅島 誠
帝京大学 特任教授・学術顧問
日本学術振興会 学術顧問
東京大学名誉教授

副委員長

- 三島 良直
東京工業大学名誉教授
前学長

「エレクトロニクス、情報、通信」分野

部会長

- 西尾 章治郎
大阪大学
総長

部会長代理

- 安浦 寛人
九州大学
理事・副学長

「生命科学」分野

部会長

- 藤吉 好則
東京医科歯科大学高等研究院
特別栄誉教授

部会長代理

- 小安 重夫
理化学研究所
理事

委員

- 石田 寛人
公益財団法人国際科学技術財団
理事
- 西尾 章治郎
大阪大学 総長
- 松下 正幸
公益財団法人国際科学技術財団
理事
- 片岡 一則
東京大学名誉教授・特任教授
公益財団法人川崎市産業振興財団 副理事長
ナノ医療イノベーションセンター センター長
- 林 良博
独立行政法人国立科学博物館
館長
- 松本 洋一郎
東京理科大学 学長
- 谷口 維紹
東京大学名誉教授・総長室アドバイザー
- 藤吉 好則
東京医科歯科大学高等研究院
特別栄誉教授

委員

- 有村 博紀
北海道大学大学院情報科学研究院
教授
- 上田 修功
理化学研究所革新知能統合研究センター
副センター長
- 美濃 導彦
理化学研究所 理事
- 安藤 真
国立高等専門学校機構
理事
- 岡部 寿男
京都大学学術情報メディアセンター
教授
- 森川 博之
東京大学大学院工学系研究科
教授
- 石川 佳治
名古屋大学大学院情報科学研究科
教授
- 尾上 孝雄
大阪大学 理事・副学長
- 井上 美智子
奈良先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科 教授
- 財満 鎮明
名城大学大学院理工学研究科
教授

委員

- 青木 淳賢
東北大学大学院薬学研究所
教授
- 木村 彰方
東京医科歯科大学
特命副学長
- 中西 友子
星薬科大学 学長
東京大学大学院
農学生命科学研究科 特任教授
内閣府原子力委員会 委員
- 大槻 純男
熊本大学大学院生命科学研究部
教授
- 瀬原 淳子
京都大学名誉教授
- 福田 裕穂
東京大学 理事・副学長
- 岡部 繁男
東京大学大学院医学系研究科
教授
- 高橋 雅英
名古屋大学 理事・副総長
- 岡村 康司
大阪大学大学院医学系研究科
教授
- 竹中 登一
公益財団法人
ヒューマンサイエンス振興財団
会長

2021年(第37回)Japan Prize授賞対象分野

2021年(第37回)Japan Prize授賞対象分野を次のとおり決定いたしました。

「物理、化学、情報、工学」領域

「資源、エネルギー、環境、社会基盤」分野

背景、選択理由

現代の文明化した暮らしは、要素技術をシステム化して生まれた多様な基盤技術によって支えられています。国連の持続可能な開発目標(SDGs)が「最大の地球規模の課題」と位置付ける「あらゆる形態と様相の貧しさの撲滅」のためには、社会を支える基盤技術の普及と高度化が欠かせません。

一方、気候変動による影響が顕在化し、緩和策のみならず適応策が必要だと認識も高まっています。今後、さらなる災害の増大が懸念される中、レジリエントな社会づくりも喫緊の課題です。

都市鉱山も含めた資源の開発・リサイクル技術、水の利用・処理システム、エネルギーマネジメント、防災や減災の技術、環境変動の予測や対応、さらには都市や交通などに関わる社会基盤技術にイノベーションが強く求められています。

対象とする業績

2021年の日本国際賞は、「資源、エネルギー、環境、社会基盤」の分野において、飛躍的な科学技術の創造・革新・普及をもたらし、それらを通して人類社会の持続的な発展に寄与するなど、社会に大きく貢献する業績を対象とします。

「生命、農学、医学」領域

「医学、薬学」分野

背景、選択理由

医学・薬学分野の近年の進歩は目覚ましく、ゲノム医療や再生医療、医療におけるロボット活用が急進展する一方、がん免疫治療薬、抗ウイルス薬といった画期的な医薬品が次々に生み出されています。

それでもなお、高齢化や生活習慣の変化にともなう疾患や新興感染症への対策、病原体やがんの薬剤耐性の出現などが世界的に大きな問題となっています。

現代の医学・薬学は、工学や情報学との融合を含む新しい医療の創造と普及、新規医薬品の開発・生産、ドラッグデリバリーシステムの開発などを通じて、人々の健康な生活に一層の貢献をすることが期待されます。

対象とする業績

2021年の日本国際賞は、「医学、薬学」の分野において、飛躍的な科学技術の発展をもたらし、疾病の「予防」、「診断」、「治療」、「予後の予測」に関する新たな発見や革新的な技術の開発を通じて、人々の健康増進に寄与することにより、社会に大きく貢献する業績を対象とします。

2021年(第37回)Japan Prize分野検討委員会委員

委員長

● 中村 道治

国立研究開発法人 科学技術振興機構
顧問
公益財団法人 国際科学技術財団
理事

副委員長

● 橋本 和仁

国立研究開発法人 物質・材料研究機構
理事長

● 宮園 浩平

東京大学大学院医学系研究科
分子病理学分野 教授

委員

● 喜連川 優

国立情報学研究所 所長
東京大学生産技術研究所 教授

● 久間 和生

国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構
理事長

● 杉山 雄一

国立研究開発法人 理化学研究所
バトンゾーン研究推進プログラム
杉山特別研究室 特別招聘研究員

● 高橋 真理子

朝日新聞社東京本社 科学医療部
朝日新聞科学コーディネーター

● 中村 栄一

東京大学総括プロジェクト機構
名誉教授・特任教授

● 長谷川 眞理子

総合研究大学院大学
学長

● 藤野 陽三

横浜国立大学先端科学高等研究院
上席特別教授

● 古谷 研

創価大学大学院工学研究科 教授
東京大学名誉教授

● 山本 正幸

東京大学名誉教授
基礎生物学研究所名誉教授

(役職は2019年11月現在、敬称略、五十音順)

今後の予定

授賞対象分野は基本的に3年の周期で循環します。

毎年、Japan Prize分野検討委員会から向こう3年間の授賞対象分野が発表されます。

「物理、化学、情報、工学」領域

授賞対象年(回)	授賞対象分野
2021年(第37回)	資源、エネルギー、環境、社会基盤
2022年(第38回)	物質・材料、生産
2023年(第39回)	エレクトロニクス、情報、通信

「生命、農学、医学」領域

授賞対象年(回)	授賞対象分野
2021年(第37回)	医学、薬学
2022年(第38回)	生物生産、生態・環境
2023年(第39回)	生命科学

国際科学技術財団の主な事業

科学技術のさらなる発展のために…

公益財団法人 国際科学技術財団は、Japan Prize (日本国際賞) による顕彰事業のほかに、若手科学者育成のための研究助成事業や、次世代を担う子供たちを対象とした「やさしい科学技術セミナー」の開催など科学技術と社会のさらなる発展に貢献するための活動を行っています。



Japan Prize (日本国際賞)

Japan Prize は「国際社会への恩返しの意味で日本に科学技術の分野で世界的な賞を作ってはどうか」との政府の構想に、多くの方々が寄付をもって応え、1985年に第1回の授賞式を行った国際的な賞です。この賞は、全世界の科学者を対象とし、独創的で飛躍的な成果を挙げ、科学技術の進歩に大きく寄与し、もって人類の平和と繁栄に著しく貢献したと認められる人に与えられるものです。毎年、科学技術の動向を勘案して決められた2つの分野で受賞者が選定されます。

受賞者には、賞状、賞牌及び賞金 5,000 万円が贈られます。

授賞式は、天皇皇后両陛下ご臨席のもと各界を代表する方々のご出席を得、盛大に挙行されます。



「やさしい科学技術セミナー」の開催

私たちの生活に関わりのある、様々な分野の科学技術について、研究助成に選ばれた研究者を講師に迎え、やさしく解説していただきます。講義だけでなく実験や研究室の見学などを交えることで、より理解しやすい科学への興味をかきたてる内容にしています。



日本国際賞平成記念研究助成

現在、世界的に見て、これまでに遭遇したことのない、さまざまな新しい社会的課題が出現しています。それらの課題の解決には、単一の専門領域からの提案だけでは不十分ですが、各分野の細分化が進み過ぎ、専門領域を超えた知識の集約を困難にする状況が生まれていることを憂慮します。現代の諸課題の解決には、多様な分野の人々が課題を多角的に検討し、自由な発想のアイデアを出し合い、力を合わせて知の連結を成し遂げていかねばなりません。そのような風土の醸成を促進していくために、若手研究者自らが、これからの目指したい世界を思い描き、解決したい課題を提示するとともに、人文・社会系、理工学系を問わず、各々の知見を持ち寄って、協働して解決に取り組む試みが非常に重要だと考えます。そのような挑戦の中から、次世代を拓く新しい学問分野が生まれてくることを期待します。

「日本国際賞平成記念研究助成」では、今後目指すべき世界を実現するために、短期間の解決に至らずとも先端的で社会的にインパクトのある研究提案と、様々な研究分野の専門家をコーディネートできる若手人材の発掘に努めます。

