

# “超越への挑戦”

「科学技術によって人類はどのように壁を乗り越えるのか？」



**NINS**  
National Institutes of Natural Sciences

**NINS**  
National Institutes of Natural Sciences

2018年  
**12月8日** (土)  
12:50 ~ 16:40 (開場 12:00)  
12:00 ~ 機関展示あり

**[会場] 国際交流会議場**  
東京国際交流館 (プラザ平成 3階)



## [プログラム]

12:00～	開場 ～パネル展示(展示会場にて研究所紹介など) ※12:00～15:00
<b>開会</b>	
12:50～12:55	機構長挨拶 小森 彰夫 (自然科学研究機構 機構長)
<b>講演</b>	
12:55～13:35	時空のさざ波～重力波で探る宇宙 安東 正樹 (東京大学 准教授(自然科学研究機構 国立天文台 併任))
13:35～14:15	赤ちゃんの視覚と脳の発達 山口 真美 (中央大学)
休憩20分 .....	
14:35～15:15	地上の太陽～1億2千万度への挑戦 高畑 一也 (自然科学研究機構 核融合科学研究所)
15:15～15:55	悠久の時を越えて進化に挑む～サイボーグ植物が未来を拓く～ 得津 隆太郎 (自然科学研究機構 基礎生物学研究所)
15:55～16:35	超人のレシピ 稲見 昌彦 (東京大学)
<b>閉会</b>	
16:35～16:40	閉会挨拶 竹入 康彦 (自然科学研究機構 理事/核融合科学研究所 所長)

※題目は全て仮題であり、変更の可能性があります。



こもり あきお  
**小森 彰夫**

自然科学研究機構 機構長

- 1978年 東北大学大学院博士課程修了(工学博士)
- 1979年 米国オークリッジ国立研究所(核融合部門) 研究員
- 1981年 東北大学工学部助手
- 1984年 九州大学大学院総合理工学研究科助教授
- 1993年 核融合科学研究所助教授
- 1997年 核融合科学研究所教授
- 2009年 大学共同利用機関法人自然科学研究機構核融合科学研究所長
- 2016年 大学共同利用機関法人自然科学研究機構長
- 2017年 一般社団法人国立大学協会会長補佐

平成18年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞研究部門 受賞  
平成25年度プラズマ・核融合学会賞第21回論文賞受賞



# 時空のさざ波 ～重力波で探る宇宙

**安東 正樹** (東京大学 准教授  
(自然科学研究機構 国立天文台 併任))



2015年9月、米国の大型レーザー干渉計LIGO(ライゴ)によって、「重力波」が初めて直接検出されました。人類が宇宙を探る新しい目を手に入れ、「重力波天文学」が幕を開けたのです。

重力波とは、時空の歪みが波となって伝わる現象です。2つのブラックホールが合体する際や、超新星爆発といった、大きな質量が高速で動き回るような激しい天体現象から放出されます。その存在は1916年にアルバート・アインシュタインが自ら構築した一般相対性理論の帰結の1つとして理論的に予言していました。それから約100年の時を経て、ようやく初観測が実現されたのです。

その後現在までの3年ほどの間に、ブラックホールの合体や、中性子星の合体から放出される重力波が、計6例観測されています。これらの観測結果は、驚くべき宇宙像を我々にもたらしてくれています。たとえば、太陽の20倍以上あるブラックホールの合体が、この宇宙では頻繁に起こっていることが分かってきました。また、連星中性子星合体から、宇宙において金やプラチナなどの重元素がどのように合成されてきたのか、解明が進んでいます。今後、さらに重力波観測を続けることで、全く未知のものが発見されるかもしれません。天文学にとって、とてもエキサイティングな時代に我々は生きていると言えます。

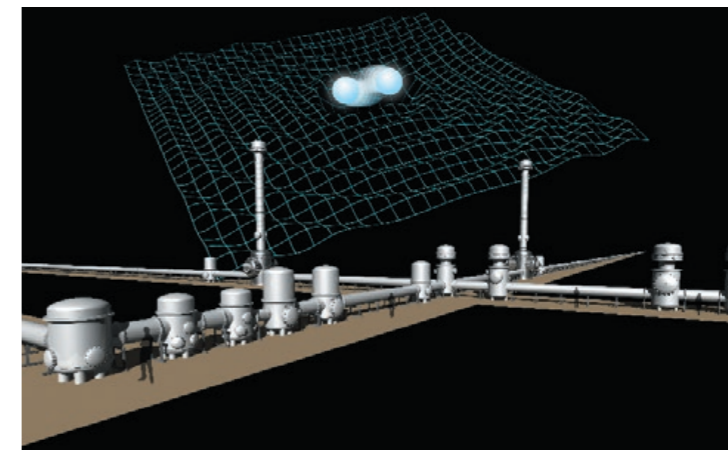
日本では、KAGRA(かぐら)という重力波望遠鏡が岐阜県飛騨市の地下に建設されています。KAGRAが観測ネットワークに加わることで、さらに重力波天文学が広がっていくと期待されています。本講演では、重力波天文学の成果とKAGRAの現状、さらには宇宙の始まりの直接観測を目指した宇宙重力波望遠鏡についてお話しします。

## Profile

東京大学大学院理学系研究科・准教授。自然科学研究機構・国立天文台・併任准教授。博士(理学)。

東京大学大学院理学系研究科卒業後、日本学術振興会特別研究員、東京大学助手、京都大学 特定准教授、国立天文台 准教授などを経て2013年より現職。

20年以上、重力波の観測研究に携わり、現在は、建設中の重力波望遠鏡KAGRAおよび、将来の宇宙重力波望遠鏡B-DECIGO計画を推進する。著書に「重力波とはなにか」(講談社ブルーバックス)など。



重力波KAGRAとコンパクト連星合体からの重力波のイメージ図



3kmの長さを持つKAGRAのトンネル

## KEYWORDS

**重力波**：質量によって生じた時空の歪みが波として光速で伝わっていく現象。

**L I G O**：米国の重力波検出器。ワシントン州とルイジアナ州に2台ある。

**K A G R A**：岐阜県飛騨市に建設中の重力波検出器。国立天文台は、東京大学宇宙線研究所、高エネルギー加速器研究機構(KEK)などと共同で、建設の中心を担っている。



# 赤ちゃんの視覚と 脳の発達

山口 真美 (中央大学 教授)

1960年代にアメリカの心理学者ファンツが、赤ちゃんの行動特性を利用した実験手法を考案したことにより、赤ちゃんの認知機能の解明への糸口が開かれました。赤ちゃんの好みを測る「選好注視法」や学習を利用した「馴化法」を用いることにより、形態認知・空間認知・運動視から言語獲得、あるいは視力発達にいたるまで、赤ちゃんの多様な認知機能を明らかにすることができました。近年はこうした基本的認知機能に加え、より高次な、多感覚の統合過程や社会性の認知機能の解明についての研究が進んでいます。さらに赤ちゃんを対象とした脳計測の開発から、脳機能の発達をベースにした認知発達解明されることとなり、定型・非定型な発達を検討することが可能となっています。



私たちの研究室では、形態認知や顔認知・空間認知や運動視の発達を主に検討してきましたが、顔を区別する際の脳機能の発達の、定型・非定型なデータを収集しています。また、色知覚の中では赤ちゃんでも金色カテゴリがあること、さらに言語を獲得する以前に色カテゴリの脳内処理が存在することを、近赤外分光法 (fNIRS) を用いることにより明らかにしました。

とはいえしかし、赤ちゃんは大人と全く同じように世界を見ているというわけではないのです。大人が当たり前のように感じている「恒常性」のない世界で生きていることも、最近の実験で明らかになりました。すなわち、生後4ヶ月未満の赤ちゃんは、大人の気づかない環境の変化、照明方向の変化に気づくことができるのです。さらにこの変化への気づきが消失してしばらくした後の生後7ヶ月以降、それ以前の赤ちゃんでは気づくことのできなかった、物体の質感の変化に、成人と同じように気づくことができるのです。赤ちゃんの世界は不思議です。そんな赤ちゃん世界の不思議さを実感しながら、赤ちゃんから大人に至る、視覚認知機能の発達について解説します。

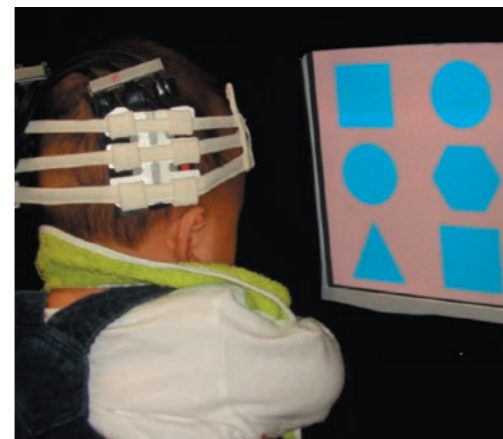
## Profile

中央大学教授、お茶の水女子大学大学院人間文化研究科人間発達学専攻修了後、ATR 人間情報通信研究所・福島大学生涯学習教育研究センターを経て、現職。博士(人文科学)。日本心理学会理事。新学術領域「トランスカルチャー状況下における顔身体学の構築—他文化をつなぐ顔と身体表現—」領域長。

<http://c-faculty.chuo-u.ac.jp/~ymasa/>

<http://kao-shintai.jp/index.html>

著書に『自分の顔が好きですか? 「顔」の心理学』(岩波ジュニア新書)『発達障害の素顔—脳の発達と視覚形成からのアプローチ』(講談社ブルーバックス)など。



言葉のわからない赤ちゃんでも色カテゴリがわかる。

生後3-4カ月の恒常性を持たない赤ちゃんは、質感の変化には気づかず、大人が気づかない光源の変化に気づく。



フレーベル館「うちゅうじんのたまご」キッズデザイン賞受賞  
赤ちゃんの視覚と触覚を刺激するおもちゃの監修をしました。

## KEYWORDS

**顔認知の発達とは?** : 生後7ヶ月から8ヶ月におおまかな発達が完成します。

**世界を見るための基盤、恒常性とは?** :

世界を安定的に見るために必要な見方で、生後3ヶ月未満の赤ちゃんは恒常性のない世界を知覚していると考えられます。



# 地上の太陽 ~1億2千万度への挑戦

高畑 一也 (自然科学研究機構 核融合科学研究所 教授)



核融合は恒星の中で自然に起こっていることであり、宇宙においては特別なことではない。太陽も核融合で光り輝いている。太陽が核融合で輝いていることは、1939年にハンス・ベーテによって発表された。太陽の中心部では、4個の水素原子核が融合し、1個のヘリウム原子核に変換している。そのとき0.7%の質量が消失し、エネルギーが発生している。

小さな太陽を地上に作ると、地球のエネルギー問題が解決するのではないか、これが「核融合発電」構想が生まれたきっかけである。しかし、太陽と私たちが考えるエネルギー源とは大きなギャップがあった。太陽中心の核融合出力は270 W/m<sup>3</sup>しかないのである。核融合発電を実現するためには、水素より容易に核融合が起こる水素の同位体「重水素」と「三重水素」を使うことになる。重水素の天然存在比は0.015%だが、地球上の水の量を考えるとほぼ無尽蔵にある。三重水素の存在比はさらに小さいが、海水中にも豊富に存在するリチウムから炉内で核反応を用いて生産できる。核融合発電は事実上無尽蔵のエネルギー源となりえるのである。

核融合発電を実現するためには、現実的な大きさの装置の中で、多大な電力を消費することなく、エネルギーを発生しなければならない。そのためには、重水素と三重水素の混合ガスを1億2,000万度まで加熱した「プラズマ」という状態を作り出す必要がある。原子核の速度は1,000 km/sにもなり、この速度で原子核同士が衝突すると、電気的な反発力に打ち勝ち、原子核同士が融合する。

その1億2,000万度のプラズマ生成に挑戦したのが大型ヘリカル装置(LHD)である(ただしエネルギー発生は行わない)。850トンの巨大超伝導コイルを内蔵するLHDの建設は、それ自身が大きな挑戦であった。そして、20年の実験を経て、昨年1億2,000万度のプラズマ生成に目処が立った。講演ではLHDが経験した様々な挑戦を紹介したい。

## Profile

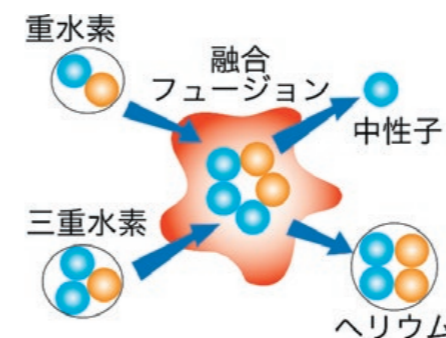
自然科学研究機構 核融合科学研究所 教授。工学博士。

1989年大阪大学大学院工学研究科原子力工学専攻後期課程中途退学。

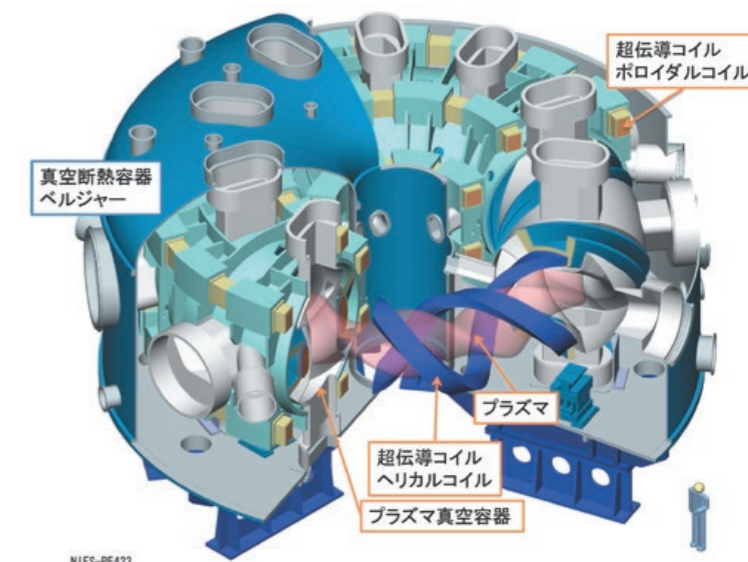
同年より核融合科学研究所に勤務し、大型ヘリカル装置の建設に従事。主に超伝導コイルの設計・製作を担当。

現在は核融合炉用の超伝導コイルの開発研究に従事している。

また対外協力部長を兼任し研究所の広報・アウトリーチ活動を統括している。

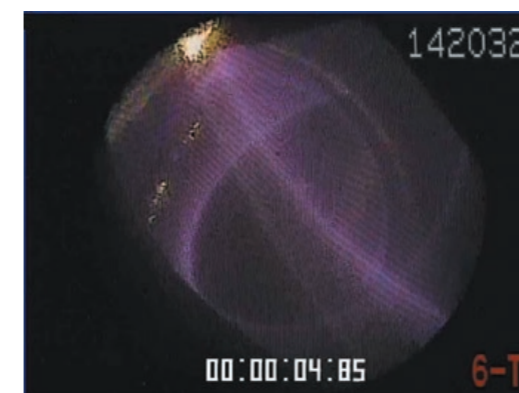


重水素-三重水素(D-T)核融合反応  
生成物はヘリウムと中性子。中性子の持つ運動エネルギーを熱エネルギーに変換し、発電に利用する。



### 大型ヘリカル装置(LHD)の内部構造

超伝導コイルは2条のヘリカルコイルと6本のポロイダルコイルから構成される。真空容器はプラズマ真空容器と真空断熱容器(ベルジャー)の2重構造となっている。



### 1億2,000万度のプラズマ

紫色に光っている部分が重水素のプラズマで、中心部が最高温度となっている。

## KEYWORDS

**プラズマ**：温度の上昇とともに物質の状態は、固体から、液体、気体へと変化する。さらに高温になると、原子核のまわりにある電子がはぎとられて原子は正の電荷を持つイオンと負の電荷を持つ電子に分かれて(イオン化)、両者が高速で不規則に運動している状態になる。この状態をプラズマ(物質の第4の状態)という。

**超伝導コイル**：プラズマを閉じ込めるために、電流を流して磁場を発生させる電磁石(コイル)が使われる。核融合発電実現のためには、強力な磁場をコンパクトなコイルで発生できる超伝導コイルが必須である。また超伝導コイルは、定常運転で電力を消費しないため、高い発電効率を得ることができる。

**大型ヘリカル装置(LHD)**：核融合科学研究所の主実験装置で、我が国独自のアイデアに基づくヘリオトロン磁場を用いた世界最大級の超伝導ヘリカル装置。LHDとはLarge Helical Deviceの略。ヘリカル方式は本質的に制御性が優れており、将来の発電炉に必要な定常運転に適しているといわれている。



# 悠久の時間を越えて進化に挑む ～サイボーグ植物が未来を拓く～

**得津 隆太郎** (自然科学研究機構 基礎生物学研究所 助教)

地球が誕生してからおよそ46億年もの時間が経過したと言われています。現在のように生物多様性にあふれる地球が形成されるに至ったきっかけは、酸素を生み出す光合成生物の活躍によるところが大きいと考えられています。このような光合成生物は、およそ27億年前に誕生したと考えられており、その実体はシアノバクテリアとよばれる微細藻類でした。現在、私たちが目にする色とりどりの陸上植物はもちろん、0.1mm以下の様々な単細胞藻類などで活発に光合成が行われていますが、驚くことに全ての光合成生物でその反応装置(光化学系2)の基本構造は同じだと考えられています。つまり、27億年前に誕生した光合成装置は悠久の時を経てもなお、その姿を維持していると言えます。私たちは、このような『完成された生物装置』あるいは『27億年にわたる進化の停滞』に挑戦すべく日々研究を進めています。

進化的に最も原始的な光合成生物とされるシアノバクテリアの光化学系2はマンガン(Mn)原子を中心としたMn錯体と呼ばれる少し複雑な分子を形成・維持することで水の分解反応(酸素発生)を実現しています。植物を含めた全ての光合成生物でMn錯体を利用した光合成反応が行われていることから、Mn錯体を包括する光化学系2は完成された生物装置であると言われてきました。近年、人工光合成への取り組みの一環として、鉄原子を代表とした様々な人工錯体が水の分解反応に利用可能であり、ときに光合成生物が利用しているMn錯体の5倍以上もの酸素発生活性を持つ事が分かってきました。このような人工錯体の優位性に着目し、私たちは様々な金属から成る人工錯体を人為的にシアノバクテリアの光化学系2に組み込むことで光合成機能の強化を目指しています。今回の講演では、この人為的な進化プロセス(サイボーグ化)の一端をご紹介します。

## Profile

自然科学研究機構 基礎生物学研究所 助教。2006年北海道大学水産学部海洋科学学科卒業。2011年北海道大学大学院生命科学院博士課程修了・博士(生命科学)。2011-2012年・自然科学研究機構 博士研究員を経て、2013年より現職。専門は植物分子・生理学。主に微細藻類を使って光合成の仕組みや、様々な環境への適応メカニズムを調べています。現在2人の子育てに日々奮闘中。アウトリーチ活動を中心に“気軽に会える研究者”を目指して頑張っています。

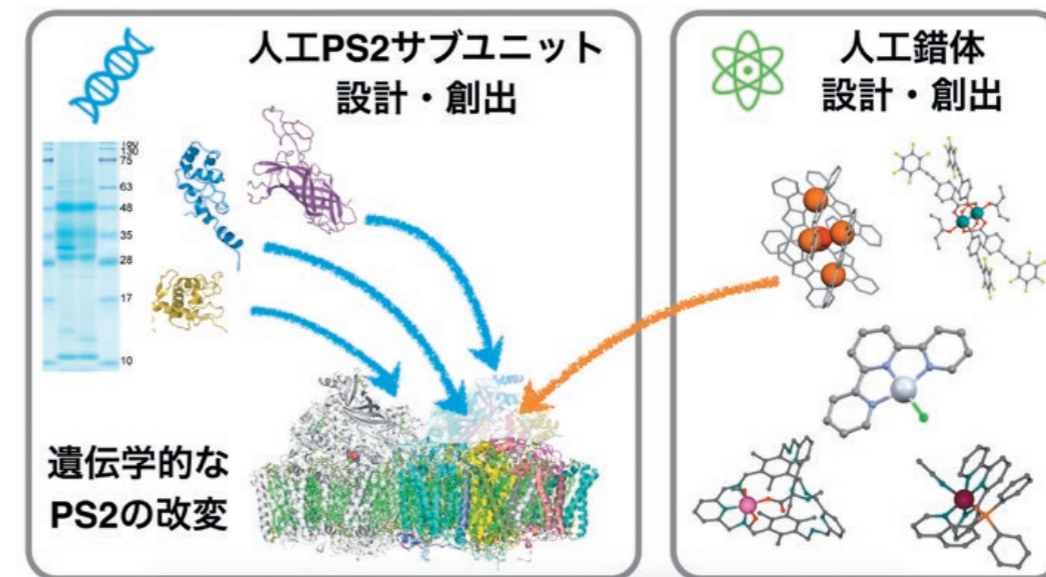


図1 遺伝子改変による人工PS2の創出と人工錯体の設計・組み込みプロセス

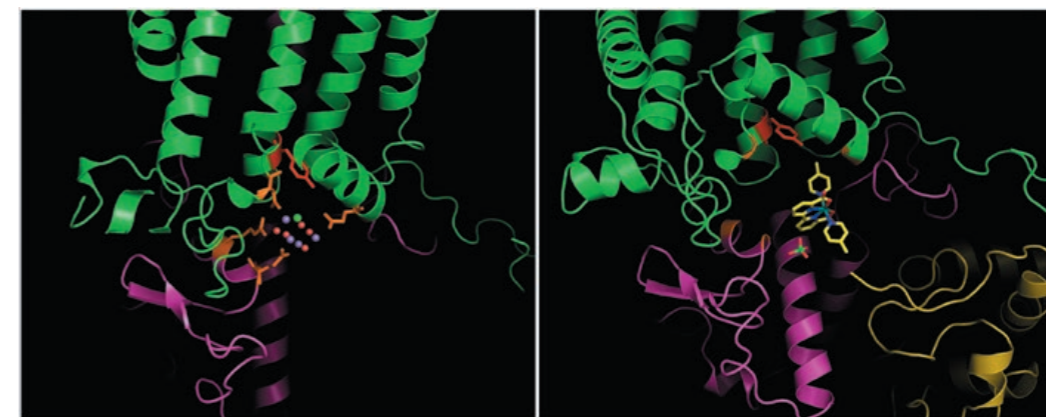


図2 PS2において酸素発生を司る天然Mn錯体(左)の人工錯体導入によるサイボーグ化(右)

## KEYWORDS

**光合成**：光と水と二酸化炭素を用いて酸素や糖を産生する生物反応。

**光化学系2(PS2)**：光合成反応の中心であり、水から酸素を取り出す生物装置。

**(人工)錯体**：水の分解反応を触媒・促進する(人工)分子。



# 超人のレシピ

## 稲見 昌彦 (東京大学 教授・超人スポーツ協会 代表理事)

17世紀の研究者ロバート・フックは細胞の発見について記述した著書『ミクログラフィア』の序論で、人間はさまざまな欠陥を有しており、それは「感覚」「記憶」「理性」の3点と指摘している。そして人間が完全な存在に近づくために、感覚の欠陥を補完する光学機器などの「人工器官」を用いることを主張した。フックは細胞を発見するために顕微鏡を用いたのではなく、感覚能力を拡張するために顕微鏡を用い、その結果細胞を発見するに至った。つまり、自らの認識能力を拡張することは、生得的な限界を超えた新たな発見を生み、新たな世界観を獲得することに繋がるといえる。

本講演では、バーチャルリアリティ、ウェアラブル技術、ロボット工学を用いて、人間の認識、行動を支援することを可能とする人間拡張工学に関する研究事例を示すとともに、その社会実装としての超人スポーツの取り組みを紹介する。さらに、技術が人間の身体観の変化にどう影響を与えてきたか、そして我々の身体観は今後どのように変化してゆくのか議論する。



### Fusion

ロボットアームを装着している人を遠隔から操作して、装着者の動きを補助するシステム。二人で視点を共有しながら共同作業する。写真では、遠隔者が装着者に楽器の演奏を教えている。

慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科  
JST ERATO 稲見自在化プロジェクト



### MetaLimbs

身につけたロボットアームを両足とつま先を使って制御するシステム。両手で作業をしながらロボットアームを操作できる。写真では、手で持っているものをロボットアームに渡している。

慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科  
東京大学 先端科学技術研究センター 稲見・檜山研究室

### バブルジャンパー

選手は、ばねでできた西洋竹馬を足につけてジャンプ力を強化し、弾力性のある透明な球体を上半身に被り、衝撃から身を守る。器具で人体を拡張した選手同士が激しくぶつかり合う迫りに魅力があり、相手を先に倒すかエリアから出した方が勝ちとなる。

TeamBJ 超人スポーツ協会



## Profile

東京大学先端科学技術研究センター教授。JST ERATO 稲見自在化身体プロジェクト研究総括。博士(工学)。電気通信大学、慶應義塾大学等を経て現職。自在化技術、Augmented Human、エンタテインメント工学に興味を持つ。米TIME誌 Coolest Invention of the Year、文部科学大臣表彰 若手科学者賞などを受賞。超人スポーツ協会共同代表。VRコンソーシアム理事。著書に『超人スポーツ誕生』(NHK出版新書)。

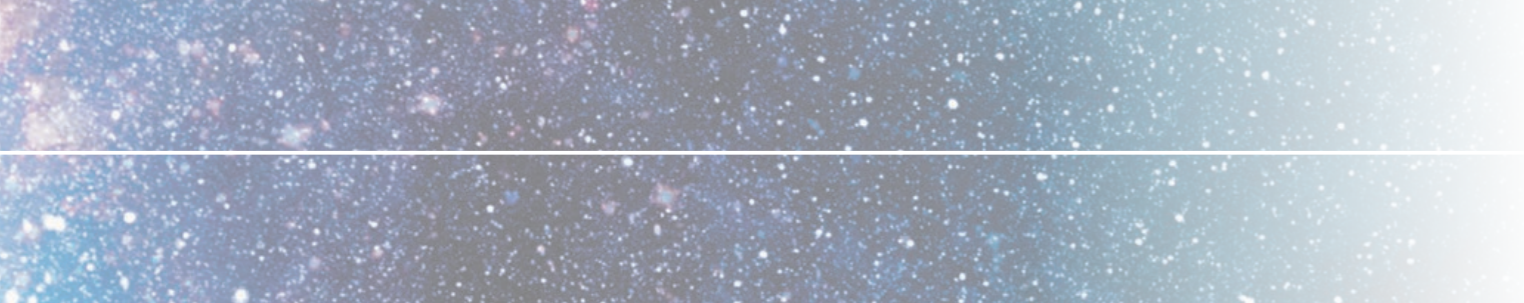
## KEYWORDS

**人間拡張工学:** バーチャルリアリティ、ロボット、ウェアラブル技術、AIなどを援用することで人間の感覚・知覚や行動を支援し拡張することを目指した研究領域

**超人スポーツ:** 人間の身体能力を補綴・拡張する人間拡張工学に基づき、人の身体能力を超える力を身につけ「人を超える」、あるいは年齢や障害などの身体差により生じる「人と人のバリアを超える」。このような超人 (Superhuman) 同士がテクノロジーを自在に乗りこなし、競い合う「人機一体」の新たなスポーツ

**自在化身体:** 超スマート社会にて自由自在に行動することを可能とすることを目指し身体・行動の体系的な理解に基づき、VR・ヒューマンアシスティブロボット・ウェアラブルコンピューティング・脳情報デコーディング・機械学習などを用いて、人間と情報環境との関係性を柔軟に設計可能な身体





たけいり やすひこ  
**竹入 康彦**

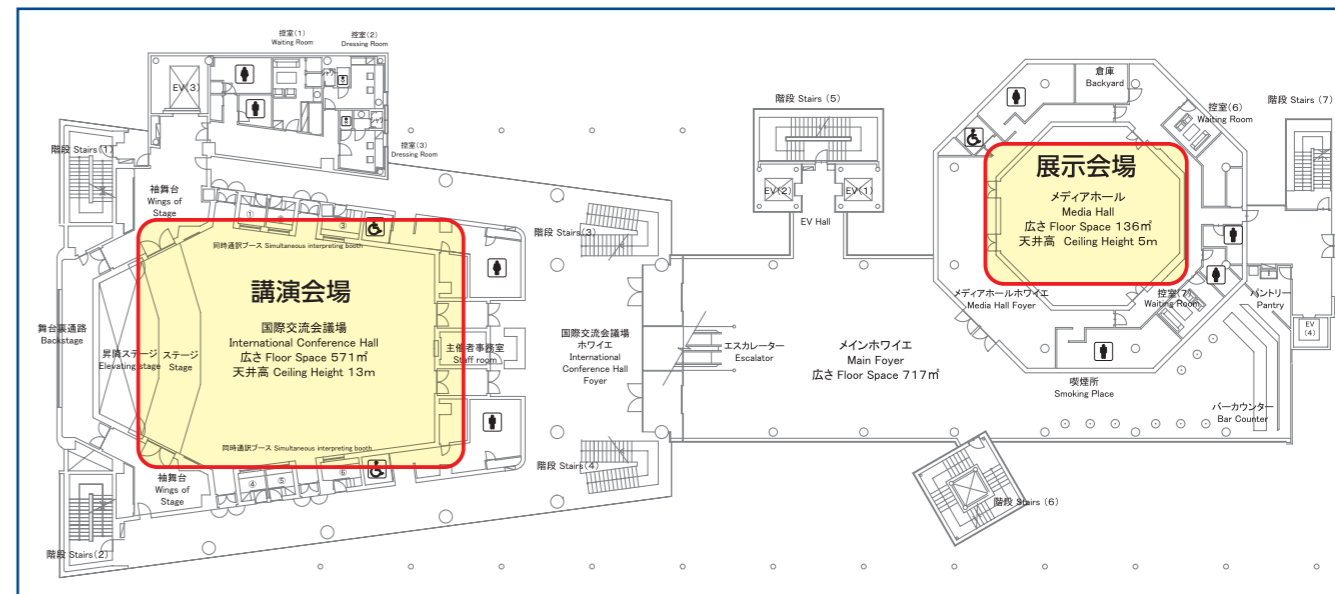
自然科学研究機構 理事  
核融合科学研究所 所長

- 1981年 京都大学工学部電子工学科卒業
- 1985年 京都大学ヘリオトロン核融合研究センター助手
- 1988年 工学博士(京都大学)
- 1989年 核融合科学研究所大型ヘリカル研究部プラズマ加熱研究系助手
- 1995年 同研究所大型ヘリカル研究部プラズマ加熱研究系助教授
- 2004年 同研究所大型ヘリカル研究部粒子加熱プラズマ研究系教授
- 2009年 同研究所大型ヘリカル研究部粒子加熱プラズマ研究系研究主幹
- 2010年 同研究所大型ヘリカル装置計画実験統括主幹
- 2014年 同研究所大型ヘリカル装置計画研究総主幹
- 2015年 大学共同利用機関法人自然科学研究機構核融合科学研究所長
- 2018年 大学共同利用機関法人自然科学研究機構理事

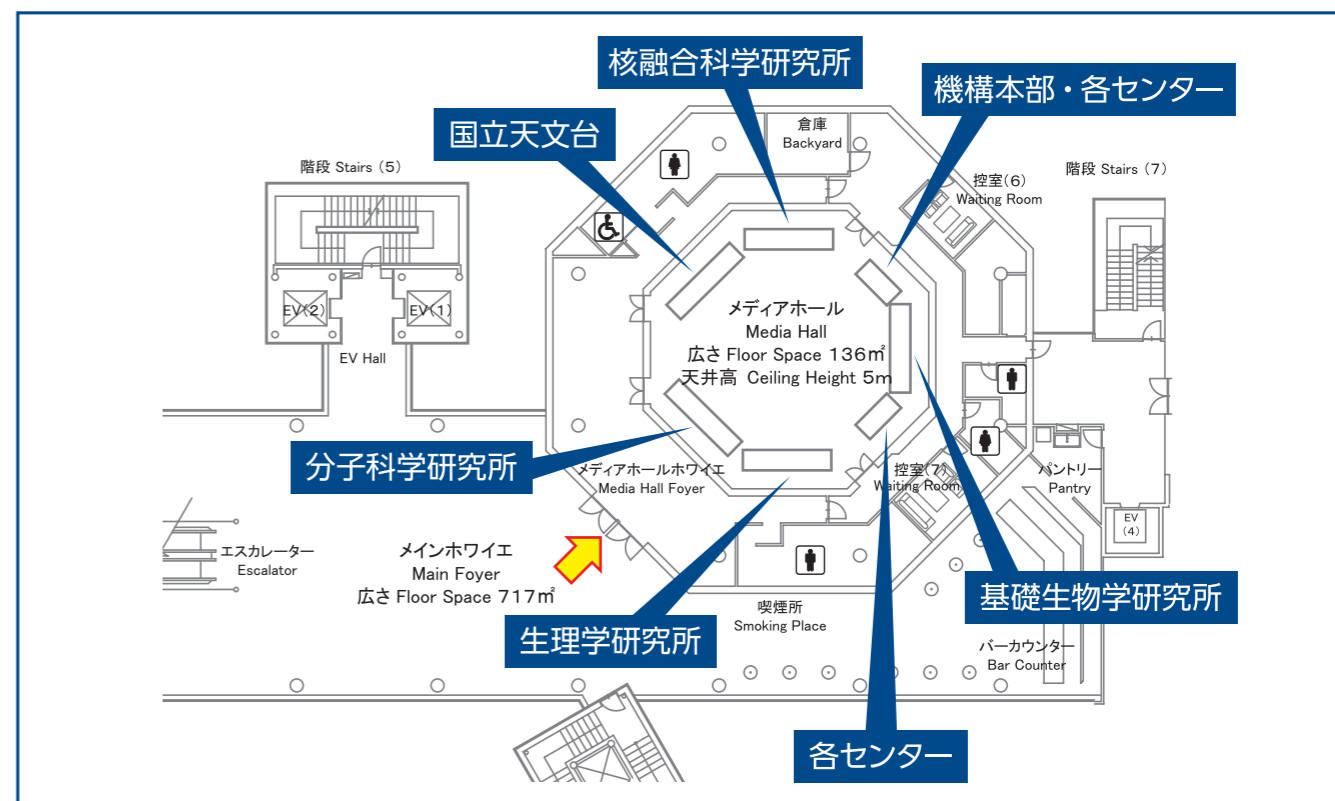
平成26年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞研究部門受賞

# 会場案内図

## [3階平面図]



## [展示会場図]



### ● 会場

**国際交流会議場** 東京国際交流館(プラザ平成 3階)  
〒135-0064 東京都江東区青海2-2-1 国際研究交流大学村内

### 自然科学研究機構が撮影した写真等について

本シンポジウムで撮影した写真・映像・音声等は自然科学研究機構のホームページ、プレス発表及び広報誌等に個人の特定はできない様に処理した上で公表する場合がありますので、予めご了承ください。