

第8回自然科学研究機構シンポジウム

# 「脳が諸学を生み、 諸学が脳を総合する」

プログラムコーディネーター

**立花 隆**

主催：大学共同利用機関法人

自然科学研究機構

後援：NHK、朝日新聞社、総合研究大学院大学

2009年9月23日(水：祝)  
10:00～16:00

学術総合センター  
一橋記念講堂

自然科学研究機構ホームページ

<http://www.nins.jp/>

**NINS**  
National Institutes of Natural Sciences

# プログラム

## 10:00 ~ 10:20 [ 導入 ]

1. 機構長挨拶 (5分)  
志村令郎 自然科学研究機構・機構長
2. 趣旨説明 (15分)  
立花 隆

## 10:20 ~ 15:50 [ 講演 ]

3. マウス嗅覚系を用いて「遺伝子-神経回路-行動」を読み解く (30分)  
坂野 仁 東京大学・教授
4. 計算神経科学の道具としてのBMI (30分)  
川人光男 株式会社国際電気通信基礎技術研究所・脳情報研究所長
5. チンパンジーから見た人間の心の起源 (30分)  
松沢哲郎 京都大学・教授

## 11:50 ~ 13:30 昼休み (100分)

6. 情報とエネルギー：生体と人工機械の違い (30分)  
柳田敏雄 大阪大学・教授
7. 意識と行動の乖離 - 盲視の脳内機構 - (30分)  
伊佐 正 生理学研究所・教授
8. 精神機能はニューロン回路から生まれるか? - 想像力の起源を訪ねて (30分)  
宮下保司 東京大学・教授

## 15:00 ~ 15:10 休憩 (10分)

9. パネルディスカッション 「脳科学の新しいパラダイム」 (40分)  
立花 隆  
川出由己 京都大学・名誉教授  
川人光男 株式会社国際電気通信基礎技術研究所・脳情報研究所長  
松沢哲郎 京都大学・教授  
柳田敏雄 大阪大学・教授  
伊佐 正 生理学研究所・教授  
宮下保司 東京大学・教授

## 15:50 ~ 16:00 [ 閉会 ]

10. 閉会の挨拶 (10分)  
勝木元也 自然科学研究機構・理事

※ パネル展示も行います

※ プログラムは一部変更となる場合がございます



しむら よしろう  
**志村 令郎**

自然科学研究機構 機構長

1958年京都大学大学院理学研究科修士課程修了。63年米国ラトガース大学大学院博士課程修了。同年米国ジョンスホプキンス大学医学部研究員、65年米国ジョンスホプキンス大学インストラクター、69年京都大学理学部助教授、85年京都大学理学部教授、86年岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所教授（併任、～94年）、96年京都大学名誉教授、同年生物分子工学研究所所長、2001年独立行政法人日本学術振興会ストックホルム研究連絡センター長を経て、04年より現職。  
専門は分子生物学・分子遺伝学。

## 機構長挨拶



たちばな たかし  
**立花 隆**

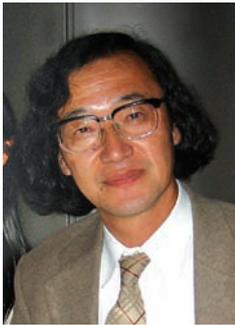
ジャーナリスト

1964年東京大学仏文科卒業。同年文藝春秋社に入社。66年文藝春秋社退社。同年東京大学哲学科に入学、フリーライターとして活動を開始する。95～98年先端科学技術センター客員教授。96～98年東京大学教養学部非常勤講師として、第一次立花ゼミ「調べて書く」ゼミを開講。2005年東大特任教授就任を機に、第二次立花ゼミを開講。07年より立教大学21世紀社会デザイン研究科特任教授に就任。ジャーナリスト・評論家として多くの著作をもつ。

## 趣旨説明

# マウス嗅覚系を用いて 「遺伝子－神経回路－行動」を読み解く

東京大学大学院理学系研究科 **さかの ひとし**  
**坂野 仁**



## 東京大学大学院理学系研究科生物化学専攻・教授。

1976年京都大学大学院理学研究科博士課程修了、理学博士。82年カリフォルニア大学バークレー校免疫学助教授。87年同校准教授。92年から96年まで、同校教授。94年より現職。専門は分子生物学、免疫学、神経科学。

最近の主な論文として *Science* 325, 585-590 (2009)、*Nature* 450, 503-508 (2007)、*Cell* 127, 1057-1069 (2006)、*Science* 314, 657-661 (2006)、*Science* 302, 2088-2094 (2003) などがある。

マウスなど高等動物の嗅覚系は求餌や生殖行動、腐敗物や天敵からの忌避など、個体や種の生存にとって不可欠な情報処理システムである。多様な匂い情報を約 1000 種類の嗅覚受容体で識別するからくりは、嗅球に於ける匂い情報の二次元展開にある。これを支えるのが 1 神経・1 受容体ルールと 1 糸球・1 受容体ルールとして知られる二つの基本ルールである。こうして、発現する嗅覚受容体の種類によって規定される嗅細胞の神経個性は、その軸索が嗅球上のどの糸球に投射するののかという位置情報に変換される。従って、様々な匂い情報は約 1000 画素からなる糸球地図というデジタルスクリーンに、糸球の発火パターンとして画像展開され、これをもとに脳が匂いの質と種類を識別していると考えられる。

当グループでは、この糸球地図が脳の発生過程でどの様に形成されるのか、また生後、糸球地図に画像展開される匂い情報を脳がどの様に判断しているのかを研究している。感覚情報が二次元展開される神経地図のトポグラフィは、これ迄ターゲットに濃度勾配をなして提示される軸索ガイダンス分子の量によって決定されると考えられてきた。しかしながら最近、嗅覚系の糸球地図形成は投射先に規定されるのではなく、ターゲットに辿り着く前に生じる軸索間相互作用によって行われる事が明らかにされた。

我々はまた、匂い地図が脳によってどの様に読み取られ、情動や行動が発動されるのかを調べた。当グループでは、嗅上皮の嗅細胞を領域特異的に除去した遺伝子改変マウスを作製し、その解析から匂いに対する先天的本能判断と、記憶に基づく学習判断の為の神経回路が、同じ匂いリガンドであっても異なる嗅覚受容体と糸球によって独立に入力を受けている事を見出した。これらマウス嗅覚系を用いた遺伝子操作研究によって、ヒトを含む高等動物の脳における「遺伝子－神経回路－行動」のリンクが明らかになってきた。本講演では、神経地図と回路形成に関する最近の進歩を紹介する。

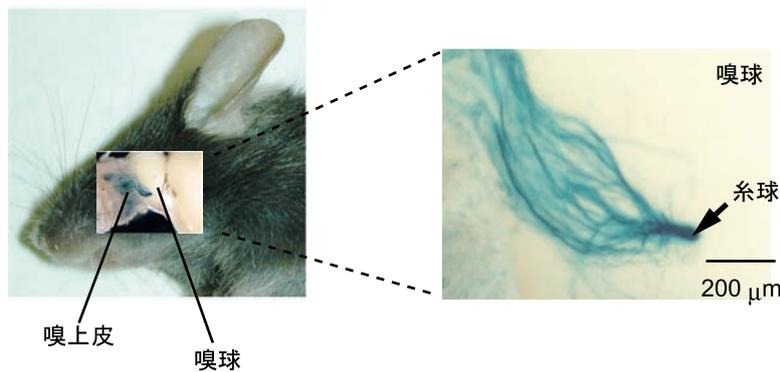


図1 嗅細胞軸索の収斂と投射

マウスの嗅覚受容体遺伝子 *MOR28* を *lacZ* 遺伝子で標識し、これを発現する嗅細胞の軸索を X-gal を用いて青色に染め出した。収斂しながら嗅上皮から嗅球へと向かう軸索の束が、嗅球上に約 1000 ある投射位置（糸球）の一つに収斂する様子が可視化されている（Serizawa, S. et al., *Nature Neurosci.*, 3, 687-692, 2000）。

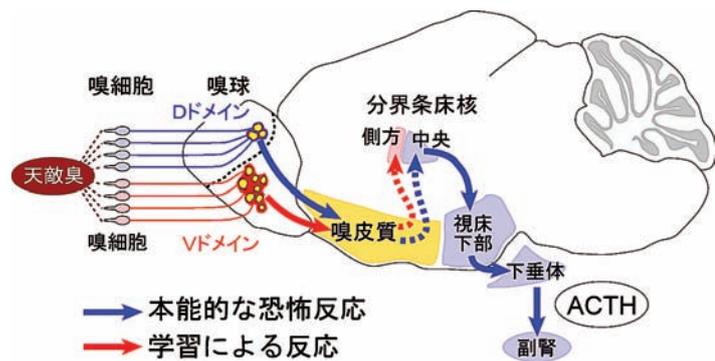


図2 天敵の匂いに恐怖を感じない遺伝子操作マウス

天敵の匂いは同じリガンドであっても、先天的本能判断と記憶に基づく学習判断に対して、それぞれ異なる匂いセンサーと糸球を用いて独立に情報処理される。嗅球の背側（Dドメイン）に位置する糸球群をジフテリア毒素を用いて除去したマウスでは、天敵臭に対する本能判断が出来なくなる。ちなみにこのマウスは腹側（Vドメイン）の糸球群を用いて、匂いの検出及び記憶に基づく学習判断をする事は可能である（Kobayakawa, K. et al., *Nature*, 450, 503-508, 2007）。

Keywords

1 神経・1 受容体ルール：

個々の嗅神経細胞が、約 1000 種類ある匂いセンサーの遺伝子の中から、一種類のみを選んで発現する。これは、嗅細胞の神経個性を確立する上で重要なプロセスとなっている。

1 糸球・1 受容体ルール：

同じ種類の匂いセンサーを発現する嗅細胞の軸索は、ターゲットである特定の糸球体に収斂する。従って、個々の糸球はそれぞれ特定の嗅覚受容体の種類に対応することになる。

# 計算神経科学の道具としての BMI

株式会社国際電気通信基礎技術研究所 脳情報研究所 **かわと みつお**  
**川人 光男**



1976年東京大学理学部物理卒業。81年大阪大学大学院博士課程修了。工学博士。同年助手。87年同講師。88年（株）国際電気通信基礎技術研究所（ATR）に移る。2003年よりATR脳情報研究所所長。04年ATRフェロー、IEICEフェロー。

2008年より科学技術振興機構さきがけ領域総括を兼任、文部科学省脳科学研究戦略推進プログラム課題A中核拠点代表研究者。

金沢工業大学、奈良先端科学技術大学院大学、大阪大学、京都府立医科大学、自然科学研究機構、及び国立情報学研究所の客員教授。富山県立大学特任教授。計算論的神経科学の研究に従事。

米澤賞、大阪科学賞、科学技術長官賞、塚原賞、時実賞、志田林三郎賞、朝日賞、APNNA賞、Gabor賞、「情報通信月間」総務大臣表彰などを受賞。

著書に「脳の仕組み」、「脳の計算理論」等。

脳の機能を解き明かし、情報通信に役立てるためには、脳の中に情報がどのように表現され、処理されているのかを調べなくてはなりません。しかし、これは生物学がこれまで得意としてきた物質や場所に関する研究に比べて格段に難しくなります。このような困難を克服するために、ATRでは脳を創ることによって脳を理解する研究を続けて参りました。まず、脳の記憶・学習などに関わる機能についての理論を作り、それを神経科学の実験で検証するとともに、理論に基づいてロボットを学習させました。その結果、ロボットが人の持っている学習能力の一部を備えるようになりました。またヒトの脳を傷つけずに、脳の外側から脳の活動を記録して、必要な情報を抽出して、ロボットを動かすことができるようになりました（ブレイン・マシン・インタフェース技術；図1および図3）。

これまで情報端末やロボットの操作は、プログラムを書くか、手や音声を用いて行なわれてきました。しかし、脳とネットワークを直結し、考えるだけで情報通信機器を動かせる革新的な技術がSFから現実のものになろうとしています。このような技術は、工学として革新的なだけではなく、脳内の情報を実時間で抽出し、解読し、計算理論の予測に基づいてこれに操作を加え、直接または間接に操作した情報を脳にフィードバックする新しい方法論も可能にします。これは、脳シグナルの操作を可能とし、分子生物学における遺伝子工学と同様な役割を果たす可能性を秘めています。

今回の講演では、急速に発展しつつある、ブレイン・マシン・インタフェースやサイボーグ技術と、それに基づく新しい脳神経科学の可能性について解説します。



図1 新型二足歩行ロボット、CB-i (JST-ICORP)

米国・サルコス社製、身長155cm、体重85kg、豊富な関節数（51個）、主要な関節は油圧駆動、人間並みの可動範囲と柔軟さを持ち、豊富なセンサ（視聴覚、前庭、力覚等）と強力な演算能力（運動制御系搭載コンピュータ、認識・学習・シミュレータPCクラスター、高速ネットワーク通信等）も持つ人間により近いヒューマノイドロボットCB-i、高度な姿勢制御、バッティング、サルの脳とインターネットで双方向に接続する脳情報通信実験に成功している。

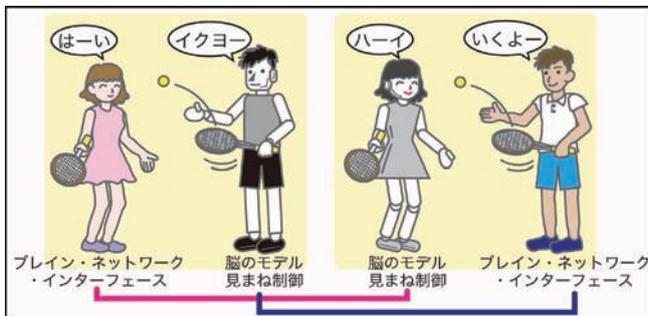


図2 BNI（ブレイン・ネットワーク・インタフェース）、ヒューマノイドロボット、脳の定量的モデルを用いた未来の脳情報通信（テレポーテーション通信）

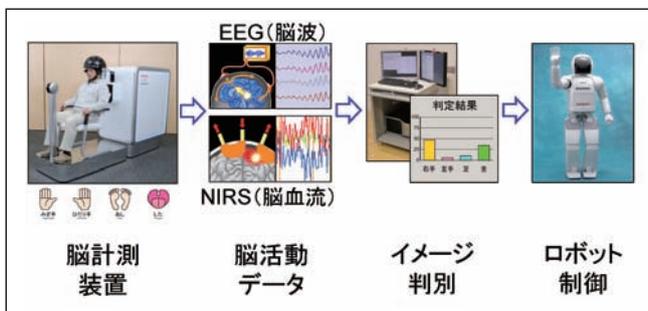


図3 考えるだけでロボットを制御する新開発BMI（ブレイン・マシン・インタフェース）の概要

今回の実験では、「右手」、「左手」、「足」、「舌」の4つの動きを制御。使用者には、それらの部位を使用した運動をイメージしてもらう。（ホンダ、ATR、島津製作所の共同研究）

Keywords

ブレイン・マシン・インタフェース：

従来のインタフェースが、スイッチなどを手足で操作するのに対し、BMIは種々の装置で計測した脳活動のデータに基づいて機械（ロボットなど）を制御し、手足などによる操作を不要としていることが特徴。欧米で研究の盛んな侵襲型と呼ばれるBMIでは、外科手術で脳内に電極を埋め込む。一方、頭皮にセンサーを接触させるだけの方式は、非侵襲型と呼ばれる。

# チンパンジーから見た人間の心の起源

まつざわ てつろう  
松沢 哲郎  
京都大学霊長類研究所



京都大学霊長類研究所教授・所長、理学博士。  
1976年京都大学大学院文学研究科中退。同大学霊長類研究所助手。87年同助教授。  
93年同教授。2006年より所長。  
専門は比較認知科学。  
2004年に時実利彦記念賞、紫綬褒章を受賞。日本学術会議会員。  
著書に「進化の隣人ヒトとチンパンジー」(岩波新書)、「チンパンジーの心」(岩波現代文庫)、「チンパンジーはちんぱんじん」(岩波ジュニア新書)、「おかあさんになったアイ」(講談社学術文庫)、「アイとアユム」(講談社プラスアルファ文庫)などがある。

人間の体と同様に、人間の心も進化の産物です。チンパンジーと人間の遺伝的な差は、ゲノムの塩基配列でみて約1.2%です。ヒトの脳は、生まれてからおとなになるまでに約3.2倍の重量になりますが、じつはチンパンジーの脳も同様に約3.2倍になります。つまり脳重量の絶対値こそ違いますが、チンパンジーもさまざまなことを体験し学習しながらおとなになるのです。チンパンジーには長く続く親子のきずながあります。出産間隔は約5年です。チンパンジーに年子はいません。2～3歳下の弟妹もいません。4歳まで乳を吸い、母親が作った樹上のベッドと一緒に寝ます。ひとりの子どもをだいに育て上げてから次を出産するのです。逆に言うと、人間は、手のかかる「子どもたち」を次々と産んで、母親だけでなく皆で育てます。父親や祖父母やヘルパーがいて、地域の支援があります。子どもたちを皆で育てる「共育」が基本です。わたしは、人間とチンパンジーの脳の働き、すなわち心、を比較する研究をしてきました。たとえば記憶についてコンピュータ課題で比較します。すると、一瞬見た数字を記憶する能力は、チンパンジーの子どものほうが人間のおとなよりも優れていることがわかりました。そうした優れた知性を活かして、野生チンパンジーはさまざまな道具を作ったり使ったりします。親のようすを見て学びます。親は手取り足取り教えません。「共育」をベースにした「教えない教育・見習う学習」というのがチンパンジーの教育法です。それに対して人間の教育は、もちろん「教える」というのが特徴です。しかし、さらにその手前に、手を差し伸べる、認める(うなづく、微笑む、ほめる)という教育のあることがわかりました。人間の親子関係や子育てや教育のしかたの特徴と由来が見えてきました。人間の心がどのように進化してきたか、チンパンジーとの比較から紹介します。



図1 数字を記憶する課題に挑むチンパンジーのアユム



図2 石の道具でナッツを叩き割る野生チンパンジー

# 情報とエネルギー：生体と人工機械の違い

大阪大学大学院生命機能研究科 教授 **柳田 敏雄** やなぎだ としお



1974年大阪大学基礎工学部生物工学科教務員、87年同大学基礎工学部生物工学科助教授、88年同大学基礎工学部生物工学科教授、97年同大学医学部第一生理学教授、2002年同大学大学院生命機能研究科研究科長を経て、04年より現職。

この間、1992年から科学技術振興事業団創造科学技術推進事業「柳田生体運動子プロジェクト」「1分子過程プロジェクト」総括責任者、1998年から通信総合研究所情報通信ブレークスルー基礎研究21柳田結集型プロジェクト総括責任者、2002年から科学技術振興機構研究領域「ソフトナノマシン等の高次機能構造体の構築と利用」における研究課題「ゆらぎと生体システムのやわらかさをモデルとするソフトナノマシン」研究代表者を兼任。

専門分野は生物物理学。主な研究テーマは生体分子の1分子計測・生体分子機械の動作原理・脳記憶のダイナミズムに関する研究など。

1989年第7回大阪科学賞、1990年塚原仲晃記念賞、1992年Matsubara Lecture Award、1994年第25回内藤記念科学振興賞、1998年日本学士院賞恩賜賞、1999年（財）朝日新聞文化財団朝日賞を受賞。

近年、機械や情報システムはますます複雑化し、莫大なエネルギーを消費しています。例えば、来年神戸に設置予定の世界最速の計算機（スパコン）の消費電力は30MWで、神戸市全世帯の消費電力の50%にもなります。一方、生体はそれにもまして複雑ですが、ほとんどエネルギーを消費しません。人の脳は140億の神経細胞が数十兆個のシナプスで結合したネットワークですが、その組合せを馬鹿正直にスパコンで計算すると、 $10^{13}$ Wが必要です。原子力発電所がいくらあっても足りません。しかし、脳は代謝を除けばたった1Wしか消費しません。生体はどうして、複雑なシステムを桁違いに少ないエネルギーで制御できるのでしょうか？

この問題に迫るために、まず生体で働くタンパク質分子機械、その代表である筋肉の分子モータの動きを詳細に調べました。分子モータは10ナノメータ（ナノは10億分の1）しかないのですが、それに直接見て触れて調べる1分子ナノ計測技術を開発しました。驚くべきことに分子モータはノイズ（ゆらぎ）をうまく使って運動していました。スパコンや機械がノイズを遮断するのに膨大なエネルギーを使っているのと対照的です。さらに、運動だけでなく、ゆらぎを使ってふらふらととるべき力や速度の程度を自ら探して働いていることも解りました。ゆらぎを運動と制御に使って省エネしていたのです。

ゆらぎを有効利用する仕組みは、細胞が遺伝子発現を制御したり、人間の脳が隠し絵を判断（意識）したりする時にも働いていることが解りました。さらに、このゆらぎ利用の仕組みを使えば、従来の方法では困難であった複雑なロボットやインターネット網のコントロールを1000分の1のエネルギーで行えることも解りました。ゆらぎ（ノイズ）を使う生物のユニークな仕組みをさらに研究すれば、脳など複雑な生体システムの仕組みが明らかになるだけでなく、その仕組みを応用して人や環境にやさしい省エネ機械/情報システムが実現すると期待しています。

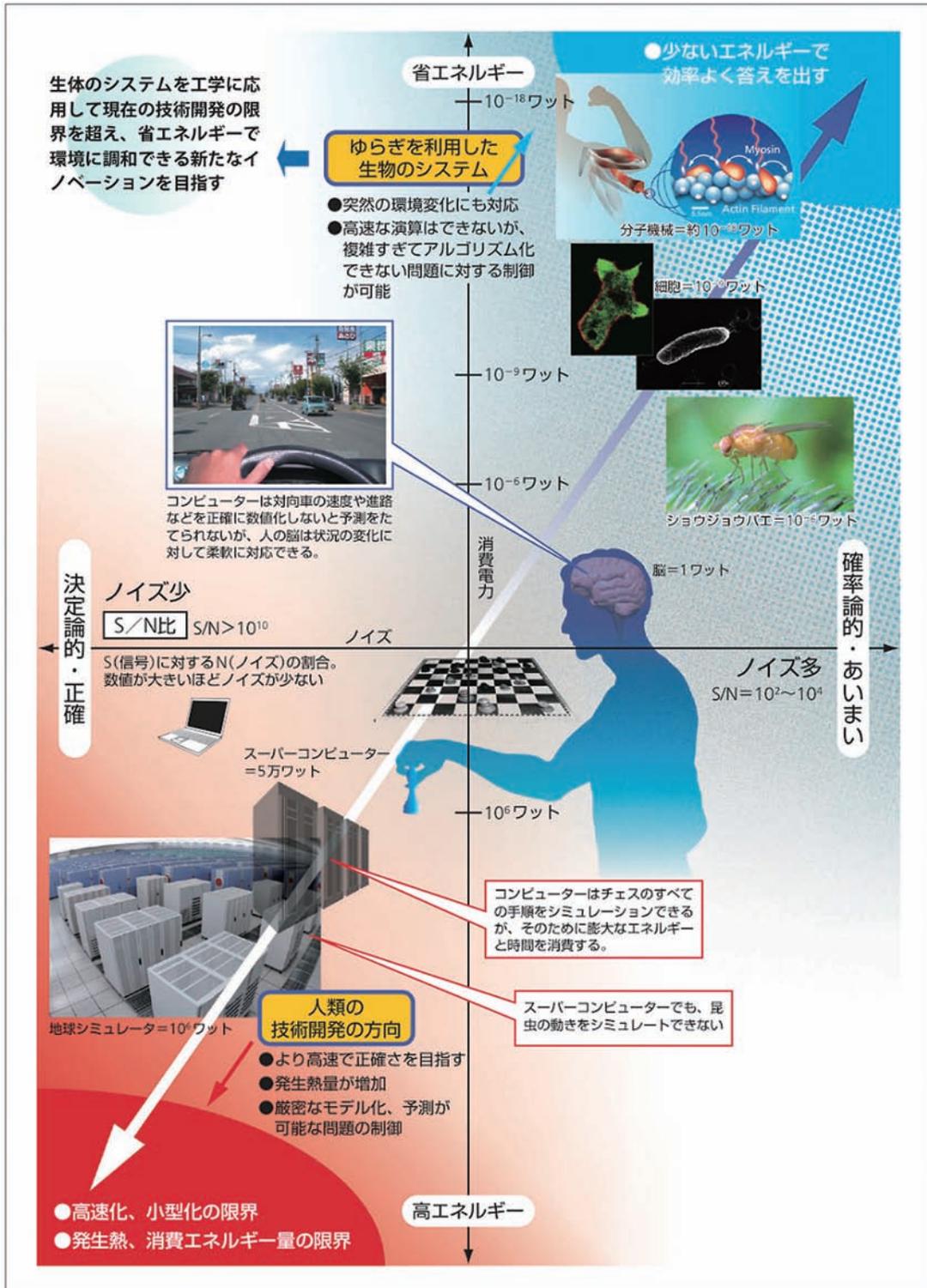


図1 生体と機械の違い

人工機械は厳密にモデル化し制御するため、複雑化すると膨大な計算が必要になり、その結果膨大なエネルギーを必要とする。それだけでなく、そもそも制御することが困難になる。一方生体は、厳密にモデル化できないような超複雑なシステムを桁違いに少ないエネルギーで制御している。その仕組みのポイントは、機械では邪魔者であったゆらぎ（ノイズ）を遮断せず、それを有効に利用することにあった。

# 意識と行動の乖離

# —盲視の脳内機構—

自然科学研究機構生理学研究所 **伊佐 正** い さ ただし



自然科学研究機構生理学研究所 発達生理学研究室・教授。医学博士。

1985年東京大学医学部医学科卒業。89年同大学大学院医学系研究科単位取得済み退学。88～90年スウェーデン王国イエテボリ大学生理学教室客員研究員。89年東京大学医学部助手。93年群馬大学医学部講師。95年同助教授を経て、96年岡崎国立共同研究機構生理学研究所教授。2004年改組により現職。

専門は、神経生理学。特に運動制御の神経機構と損傷後の機能回復機構を研究してきたが、最近はブレイン・マシン・インタフェース、さらには意識の脳内メカニズムにも研究の対象を広げている。

2006年ブレインサイエンス財団 塚原仲晃記念賞受賞。

学会活動：日本神経科学学会庶務理事。第32回大会（2009年）大会長。

研究室ホームページ：<http://www.nips.ac.jp/hbfp/>

私たちは皆、自分のなす行為は全て「意識」や「自由意志」によって整然とコントロールされているということを当然と考えているかもしれない。しかし、現代の脳科学研究は、我々の行動のうち、「意識」にのぼるのはごく一部であり、我々の行動の多くの部分は無意識のうちに制御されているということを明らかにしてきた。

例えば、一次視覚野に損傷を受けると反対側の視野が「盲」になるとされている。しかし、このような「同名半盲」の患者の一部では、「盲」となっている視野の部分に提示された物体は「見えない」と答えるが、その物体に対して眼を向ける、手を伸ばすという動作を強制されると正しく行動できるという事例が報告されている。このような現象は、「盲視 (blindsight)」と呼ばれ、「意識と乖離し、行動と直結する視覚系」の存在を示すものとして心理学者や哲学者を含む多くの研究者の関心の対象とされてきた。私達はこのような「盲視」の中枢神経メカニズムを明らかにするため、ヒトに近い脳の構造を有するサルを用いて、一次視覚野を実験的に一側性に損傷し、盲視野に提示された視覚対象に眼を向ける急速眼球運動（サックード）が可能になるメカニズムを解析してきた。その結果、大脳皮質が発達していない爬虫類や両生類などで視覚と行動の制御に中心的な役割を果たしている中脳の「上丘」という部位が、盲視における無意識の視覚と行動の制御に重要な役割を果たすことが明らかになってきた。さらに、訓練を繰り返すうちに上丘が新たな機能を獲得し、いわゆる五感とは異なる「名状しがたい感覚」に対応する活動を示すようになる。このような研究の成果をもとに、我々が日頃感じている「意識」とは何か、意識の概念の一部を見直す必要性について論じてみる。

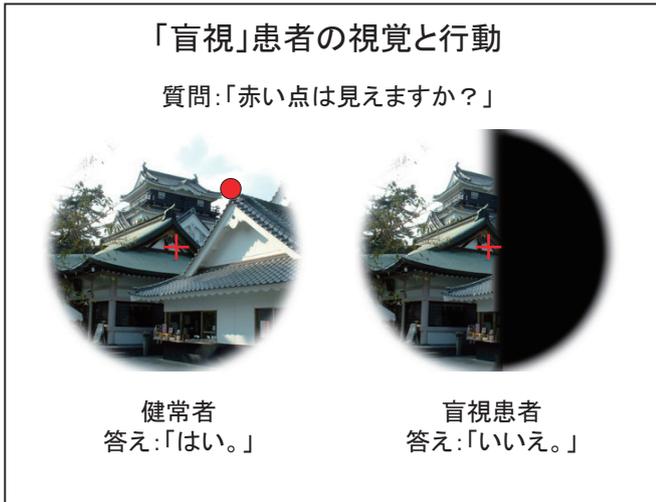


図 1

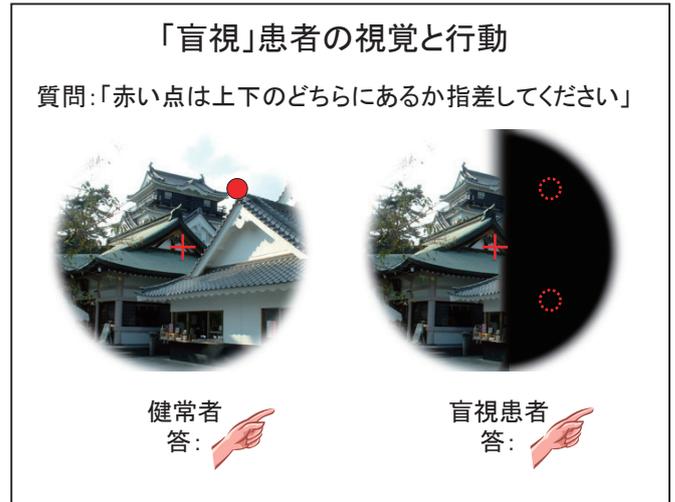


図 2

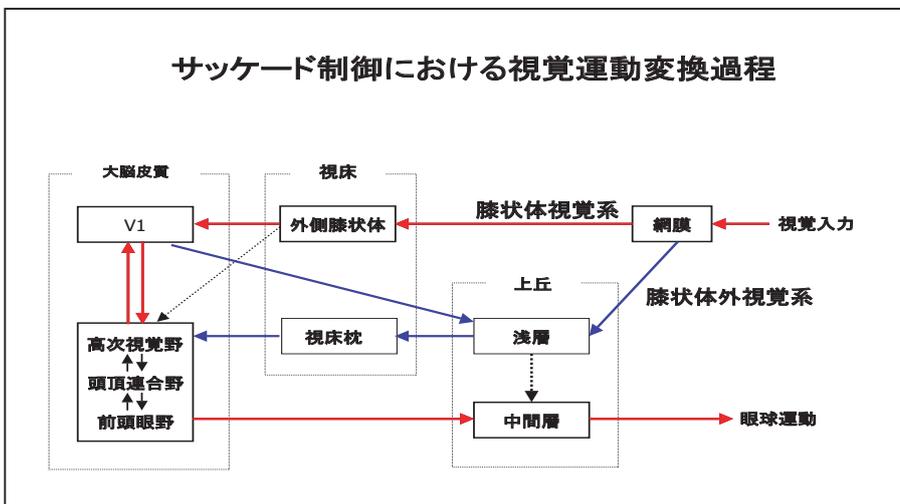


図 3

Keywords

上丘:

中脳背側部に両側にひとつずつある球状の構造。下等な脊椎動物では視蓋とも呼ばれる。複数の層構造から成っており、浅層には視覚入力を受け、視空間のマップが表現されている。深層は視覚以外の様々な感覚情報が入力し、眼球のサッケード運動などの信号が出力される。注意の制御にも重要な役割を果たす。大脳皮質を持たない両生類や爬虫類、魚類などの脊椎動物では実質的に感覚と行動を制御する最初中枢である。

作業記憶:

短時間記憶を維持し、行動などに使用できる能力。一般には、意識と作業記憶は表裏一体の近い関係にあるとされている。

サッケード:

対象を注視するために我々が行う非連続的で素早い眼球運動。

# 精神機能はニューロン回路から生まれるか？ — 想像力の起源を訪ねて

東京大学医学部 <sup>みやした</sup>宮下 <sup>やすし</sup>保司



東京大学医学系研究科・教授、同理学系研究科・教授併任、医学博士。  
1972年東京大学理学部卒業、78年東京大学医学系大学院博士課程修了。84年英国オックスフォード大学客員講師を経て、90年より現職。  
専門は、脳生理学、認知神経科学。  
2004年朝日賞、2007年日本学士院賞受賞。  
著編書に、『Image, Language, Brain』（The MIT Press, 2000）などがある。

今日、「脳の科学」も「こころの科学」も急速な進歩を遂げつつあります。確かに、「こころ」という言葉は沢山の微妙なニュアンスを含んでいます。ことに日本語で「こころ」という場合は多義的で、いろいろな文脈・意味あいで使われます。一方、英語表現には、heart や soul、spirit やら mind やら、いろいろあります。それを全部十把一からげにして「こころ」と呼んで良いものか？ 宗教的背景が影を落としているのは明白なのでますます難しい。そこで、現在の脳科学ではまず扱えそうな具体例——モデル——の解析からはじめます。

今回は「こころ」のある側面——mindに近いでしょうか——を採り上げて、そうしたモデル解析の例をお話しようと思います。問題の切り口は次のようになります。実際に眼の前にあるものを見るとときと、眼の前にはないものを想像する、イメージする——英語では「Seeing with mind's eye」つまり「心の眼で見る」というのですが——この二つの場合で脳の働き方がどう似通っていて、どのように違うのか。現在の結論から先に申し上げますと、イメージを作る力の根本は脳の高次視覚領野からより低次の領野へと情報を送り返す「逆向性」の情報の流れ（backward signal）——トップダウン（top-down）信号とも呼ばれる——にあります。他方、実在するものを見る通常の視覚では、眼の網膜から脳の高次視覚野へ向かう「順向性」の情報の流れ（forward signal）——ボトムアップ（bottom-up）信号とも呼ばれる——が主役となっています。まずこの順向性の情報処理を少し詳しく見てみましょう。ヒトの網膜もテレビカメラも、その最初の過程は似ています：二次元面に敷き詰められた多数の光受容素子が、飛んでくる光量子を電気信号に変換し、外の世界の明るさについての二次元マップを作ります。しかし、ヒトの脳はこの情報を自在に使います。コーヒーカップは、どんな角度から見ても、どんなに遠くにあって、大きくても小さくても、コーヒーカップだと判かります。単純な金属のカップも、装飾過多の陶磁器のカップも、やはりコーヒーカップに見えます。こうした情報処理を脳は易々とこなしますが、コンピュータにやらせてみれば如何に難しいか直ぐに判明します。秘密は、この情報処理過程を媒介する手段として脳が色々な「世界の脳内表現（または内部表現 internal representation）」を形成することにあります。脳の高次視覚中枢には種々な脳内表現が作られています。「脳内表現」は脳の多数の神経細胞と神経回路の産物で、連想記憶の原理に従って作られます。では、「逆向性」の情報処理はどのように行われるのでしょうか。トップダウン信号の内容を具体的に解析することができるのでしょうか。講演の中でスライドを使いながらお話したいと思います。

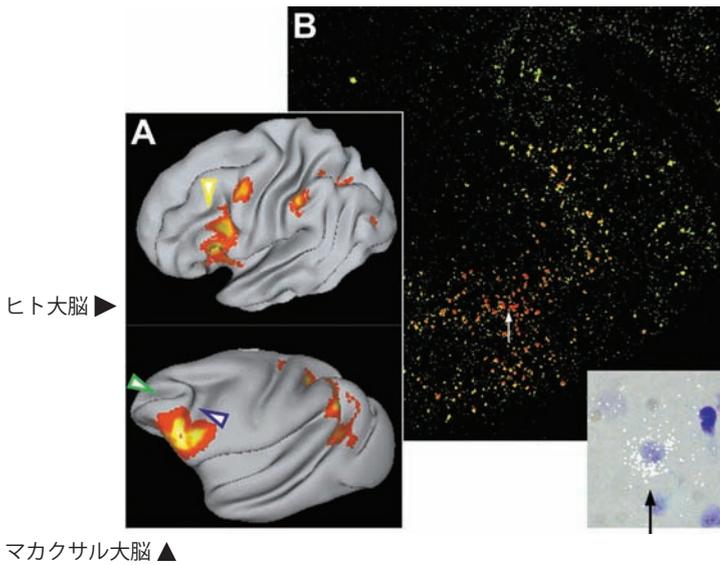


図1 ヒトの精神機能をニューロン回路にさかのぼって研究するには？

A : ヒトとサルが同じ注意シフト課題を遂行した時の脳活動。 B : 記憶形成時のサル大脳側頭葉皮質における脳由来神経栄養因子 (Brain-Derived Neurotrophic Factor, BDNF) 遺伝子の発現。右下は、単一神経細胞の細胞体における BDNF メッセンジャー RNA 分布の *in situ* hybridization 画像。

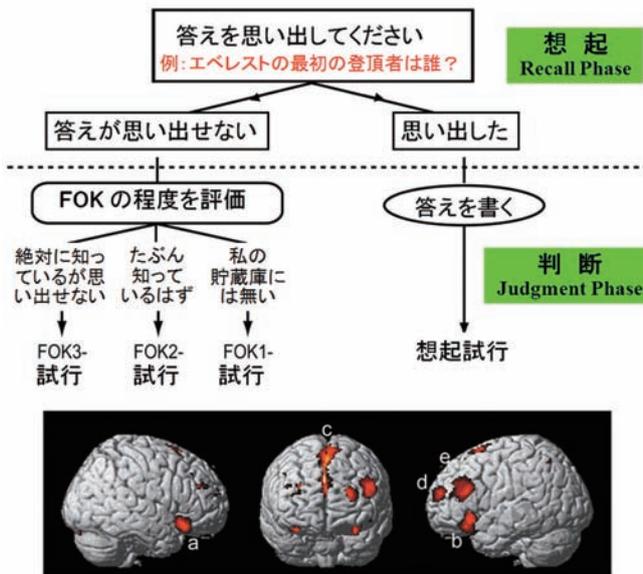


図2 Feeling-Of-Knowing (FOK) 課題を用いて、意識されない直感的判断をつかさどる脳部位を同定する方法

下 a-e, FOK 生成に関与する大脳前頭葉部位。

Keywords

連想記憶：

一般的なコンピュータは連続した場所に記録を行うが、その場所と内容には関係がない。一方、ヒト長期記憶は、内容に関わる連想に従って想起対象が芽づる式に引き出されてくる点に特徴がある。この連想性のメカニズムは、無関係な事象同士を主体側からの意味づけによって結び合わせるニューロン群（対連合ニューロン）に存することを明らかにした。

トップダウン信号：

物忘れの大部分は貯蔵された記憶がうまく検索できなくなって起こる。こうした記憶検索の過程を制御するために、大脳前頭葉から側頭葉に検索信号が出されている可能性が心理学的に予想されていた。この検索信号は、前頭葉がヒト大脳皮質の高位の中枢であるとの考えから「トップダウン信号」と呼ばれてきたが、本当に存在するかどうか不明であった。トップダウン信号の名称は、通常の知覚認識の信号が、後頭葉から側頭葉／頭頂葉、さらに前頭葉へと流れることから「ボトムアップ信号」と呼ばれることとの対比に由来する。このトップダウン信号の存在を立証してその性質を調べることを可能にした。

# パネリスト

かわで よしみ  
**川出 由己**

京都大学 名誉教授

専門は生物記号論、分子生物学。論文には「生物学と記号論 II」(『生物科学』50巻、2・3号、1998)など、著書には「生物記号論 —主体性の生物学」(京都大学学術出版会、2006)など、訳書にはB・バーンズ著『社会現象としての科学』(吉岡書店、1989)などがある。



かつき もとや  
**勝木 元也**

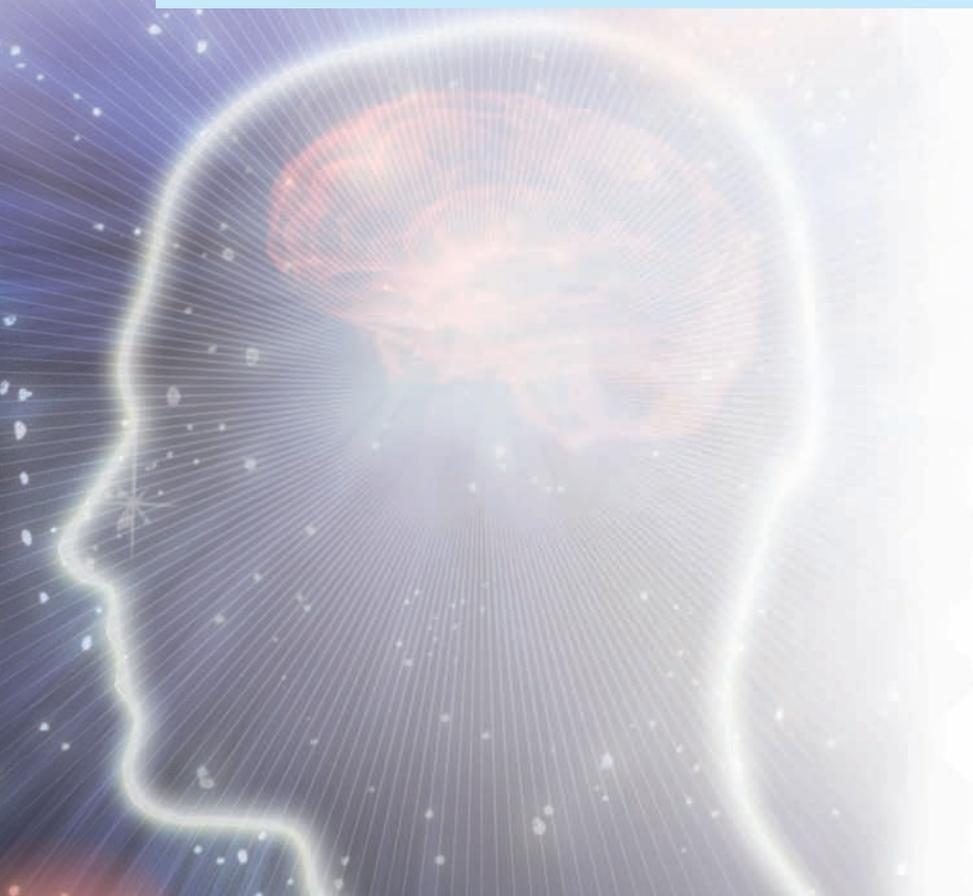
自然科学研究機構 理事

独立行政法人日本学術振興会学術システム研究センター 副所長

1982年米国ジャクソン研究所訪問研究員、88年東海大学医学部教授、92年九州大学生体防御医学研究所教授、96年東京大学医科学研究所教授、2001年岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所長、04年自然科学研究機構理事・基礎生物学研究所長を経て、07年より現職。

専門は分子生物学・発生工学。

# 閉会の挨拶

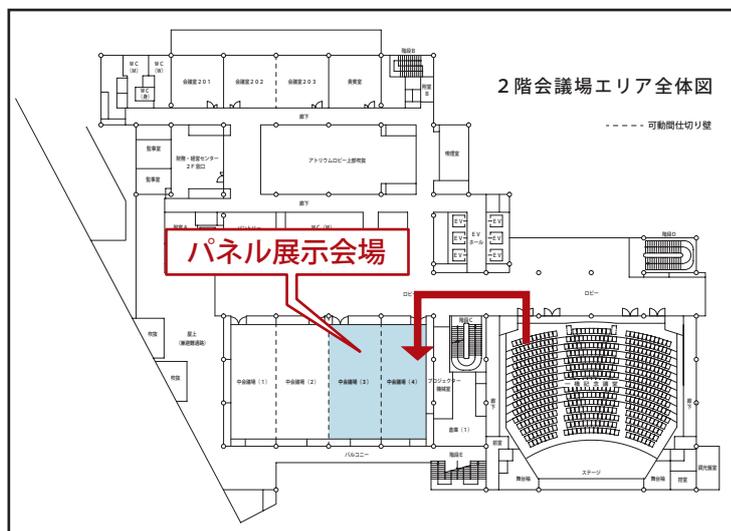


## パネル展示のご案内

本機構の情報や、各機関の最新の研究成果等について、パネル展示を行っております。

また、総合研究大学院大学による展示も行っております。

是非お立ち寄りください。



パネル展示会場  
学術総合センター 2階 中会議場 3～4





