

特集

# 対称と非対称

— 対称性で世界を見る

対称性の芽

自然界における対称と非対称の不思議

ヒッグス粒子と対称性の自発的破れ

対称性に秘められた謎

「milsil(ミルシル)」について

'milsil(ミルシル)'の'mil(ミル)'は「見てみる」「聞いてみる」「やってみる」の「ミル」。そのような「ミル」から、新たな、そして豊かな'sil(シル=知る)'が得られるでしょう。この雑誌とともに、皆様が楽しい「ミルシル」体験をされることを願っています。

## C O N T E N T S

- 3 サイエンス・インタビュー 科学のいま、そして未来  
ロボットスーツHAL<sup>®</sup>を用いて人間の身体機能を補助・拡張・改善する  
山海 嘉之 (筑波大学大学院システム情報工学研究科教授/筑波大学サイバニクス研究センター長/CYBERDYNE株式会社 CEO)

- 6 【特集】対称と非対称—対称性で世界を見る

6 対称性の芽

渡辺 政隆 (筑波大学広報室教授 / サイエンスコミュニケーター)

9 自然界における対称と非対称の不思議

—キラリティーの科学

黒田 玲子 (東京理科大学総合研究機構教授 / 東京大学名誉教授)

14 ヒッグス粒子と対称性の自発的破れ

大栗 博司 (カリフォルニア工科大学カブリ冠教授 /

東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構主任研究員)

17 対称性に秘められた謎

—謎解きは対称性で!

伊藤 山佳理 (名古屋大学大学院多元数理科学研究科准教授)



家紋

- 20 標本の世界  
フォッサマグナミュージアムの翡翠コレクション  
宮島 宏 (フォッサマグナミュージアム館長補佐)

- 22 共生・共進化する植物の世界 第9回  
人がつくった植物たち —栽培植物—  
佐藤 洋一郎 (総合地球環境学研究所副所長 / 教授)

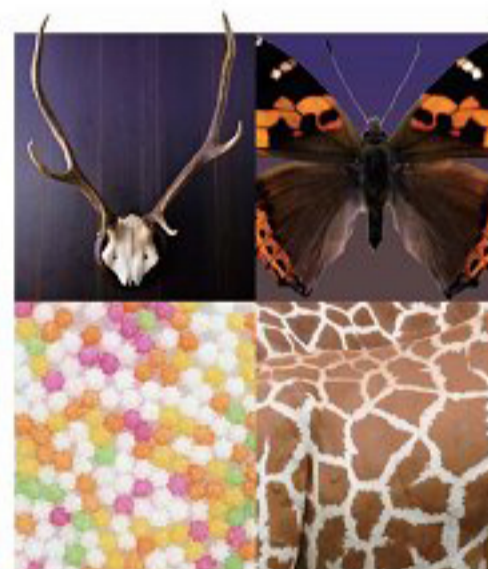
- 25 共生植物図鑑⑨ ハタケイトグサ  
畑 啓生 (愛媛大学大学院理工学研究科助教)

- 26 親子で遊ぼう! 科学冒険隊  
#32 じっくり見れば発見できる! 小さな草花の生きる作戦  
中村 匡男 (自然写真家 / NPO法人生物多様性研究所あーすわーむ主任研究員) 監修

- 30 かたちと科学 第12回  
ヒトの脳の“錯覚”を  
数値化して広く応用する

- 32 NEWS & TOPICS  
世界の科学ニュース & おもしろニュースを10分で

- 34 milsil カフェ / 編集後記 / 定期購読のお知らせ / 次号予告



表紙

人間は昔から対称を好むらしい。対称性のあるものを美しいと思う。自然界の中にも対称なものは多い。シカの角やチョウの翅はほぼ左右対称だ。しかしキリンの縞模様や、自然物ではないが、金平糖の角などは非対称だ。対称と非対称は、どちらも理由があってそうになっている。今回の特集では、さまざまな分野における対称と非対称について考えてみた。

# ロボットスーツHAL<sup>®</sup>を用いて 人間の身体機能を補助・拡張・改善する

皆さんは、ロボットと聞くとどのような姿のものを想像しますか。筑波大学大学院の山海嘉之教授は、それまでにあったロボットの概念を覆す、世界初のサイボーグ型ロボットを開発し、世界中から高い評価を受けています。まるで服を着るように装着でき、身体機能を補助・拡張・改善することができるロボットスーツHAL<sup>®</sup> (Hybrid Assistive Limb<sup>®</sup>)。特に歩行が困難になった人の動作を補助するロボットスーツHAL<sup>®</sup>福祉用は、2010年から全国の福祉施設などに本格的にレンタルされ、すでに330台以上が活躍しています。HAL<sup>®</sup>はどのように生まれ、今後、どのように発展すると期待されているのでしょうか。山海教授にお話を伺いました。



筑波大学大学院システム情報工学研究科教授／  
筑波大学サイバニクス研究センター長／  
CYBERDYNE (サイバーデザイン) 株式会社CEO

## 山海 嘉之 さんかい よしゆき

1987年筑波大学大学院工学研究科博士課程修了。工学博士。筑波大学講師、同大学助教授、米国ペイラー医科大学客員教授を経て、2003年より筑波大学大学院教授。2004年CYBERDYNE株式会社設立。2007～2012年文部科学省GCOEサイバニクス国際教育研究拠点リーダー、2009年内閣府FIRST:最先端研究開発支援プログラム研究統括採択、2011年より同大学サイバニクス研究センター長。The World Technology Awards 大賞受賞(2005)、経済産業大臣賞(2007)、全国発明表彰21世紀発明賞大賞(2009)、IEEE/IFR Invention & Entrepreneurship Award, Entrepreneur of the year 2010、グッドデザイン賞金賞(2006)、日本イノベーター大賞優秀賞(2006)など受賞多数。

## ■HALの介在で人の中枢系と末梢系が賦活され、身体機能の改善も

HALのアイデアはどのように生まれたのですか。

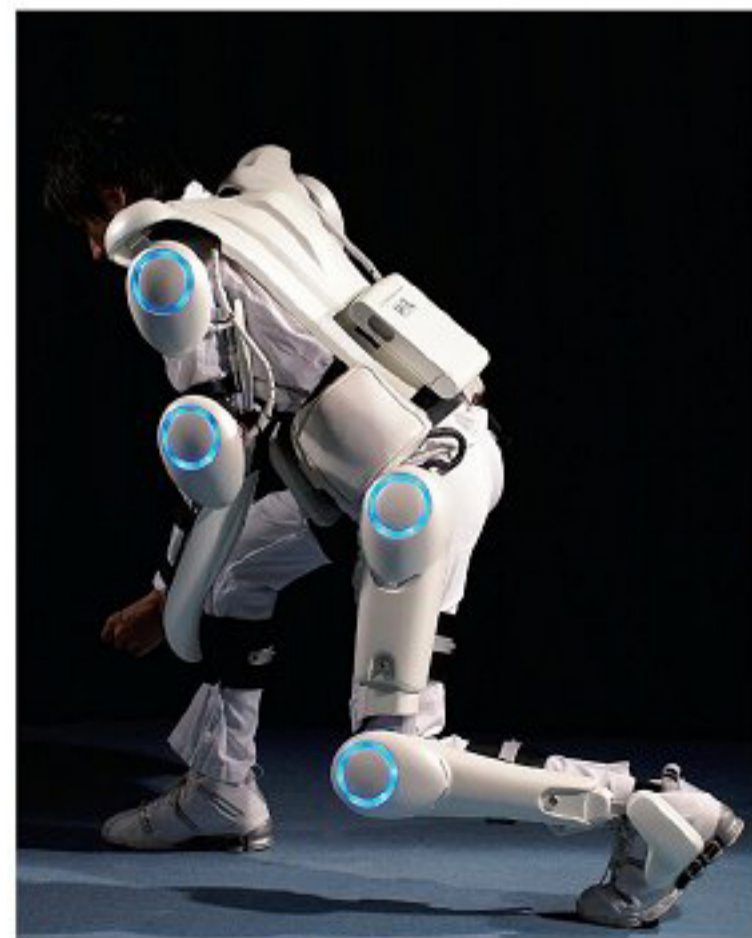
私は、9歳の時にアイザック・アシモフの短編小説『われはロボット』に出会って以来、科学者・研究者にあこがれロボット研究の道を突き進んできました。また、人や社会のために役立つ技術をつくり上げたいと、常に考えていました。その結果至ったのがロボットスーツ

HAL (図1) の開発だったのです。

社会そのものが抱える問題の一つとして私が着目してきたのが、病気や加齢などが原因で低下してしまう人間の身体機能です。人間の身体は、脳から出た指令が脊髄と末梢神経を介して筋骨格系に伝わることで動きます。そして、実際に筋肉が動いたという刺激は再び脳に伝わり、この連携が強固になります。つまり、身体機能の低下は、中枢神経系(脳や脊髄)、末梢神経系、運動器官の連携が崩れてしまうことを意味します。たとえば脳卒中の場合は、指令を出す中枢神経系に障害が発生し、運動器官が動かせなくなり、やがて衰えてしまいます。加齢に伴って筋肉などの運動器官が先に衰えれば、やがて信号を送る側の中枢神経系の働きも弱くなってしまうのです。

図1 ロボットスーツHAL<sup>®</sup>  
(写真は全身型HAL-5)

HAL (Hybrid Assistive Limb) は、人間の身体を外側から支えるような構造をしている。装着者の皮膚表面に貼られたセンサーで生体電位信号を読み取り、パワーユニットを動かすことで装着者の動きをサポートする。全身型、下肢型(両下肢、単下肢)などのタイプがある。



そこで私は「インタラクティブ・バイオ・フィードバック (iBF) 仮説」を提唱し、新分野開拓を進めてきました。これは、人間の運動意思に従って動作支援をするHALが介在して、ヒトの中枢神経系と末梢神経・運動系の関係を保てば、中枢系と末梢系の機能を改善することができるのではないか、という仮説です。フイージビリティ・スタディ<sup>®</sup>、大学病院での探索的研究などを経て基礎評価がまとまってきたので、治験(公的な臨床試験)によって、このiBF仮説の原理と効果効能を証明することが可能であると考えています。

HALは具体的にどのようなしくみで動くのですか。

身体を動かそうとすると、脳から指令