

# 独創の原点

私の「特別研究員・海外特別研究員」時代



山海 嘉之(さんかい・よしゆき)

筑波大学大学院  
システム情報工学研究科 教授  
サイバニクス研究センター センター長  
内閣府ImPACT プログラム・マネージャー  
CYBERDYNE社  
代表取締役社長/CEO

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・助教授、米国 Baylor医科大学 客員教授などを経て、2003年、筑波大学 教授。2004年、CYBERDYNE社を設立。

## 重介護ゼロ<sup>®</sup> 社会への第一歩

山海嘉之  
筑波大学大学院システム情報工学研究科 教授

世界初のサイボーグ型ロボット

「ロボットスーツHAL」を発明した山海嘉之さんは、「大学院生だった私は、特別研究員に申請するときに初めて、将来を見据えた研究計画を形にしました」と語る。

それはまさにHALにつながる研究テーマであり、超高齢社会の到来に伴うさまざまな社会課題を解決するためのビジョンが含まれていた。

HALをつくる未来開拓型企業のトップも務める山海さんの独創の原点とは？

—いつごろから研究者を目指すようになったのですか。

山海：小学3年生のとき、アイザック・アシモフの『われはロボット』（1950年刊行）を読みました。それは2008年に学位を取り、ロボットをつくるベンチャー企業のトップになった女性研究者が、2050年代になって過去を振り返るというSF小説短編集です。私はロボットをつくる研究者に憧れました。心に火が付いた私は、自宅に実験器具をそろえ、理科の教科書に載っていたさまざまな実験を片っ端からやり始めました。高校を卒業するまで1日7～8時間は実験をしていましたでしょうか。物理、化学、生物、地学といった分野に偏ることなく「理科」や「科学技術」という大きな枠組みでものを見ながら実験を行っていました。

### 人・ロボット・情報系を融合複合する 研究テーマを特別研究員制度で申請

—その後、筑波大学大学院に進学され、1985年に新設された特別研究員に応募されます。

山海：1985年は“つくば科学万博”が開かれた年で、私は5年制大学院の4年生でした。科学万博で科学技術の発展に対する期待にあふれた雰囲気を味わう一方で、学位を取っても定職に就けない人が3000人もいるといった新聞記事も目にしました。将来に思いをはせていた時期に、特別研究員

制度の新設を知りました。この制度は自由な発想で研究テーマを決めて申請することができるのです。

具体的な研究テーマは「統合的人工腎臓制御システムに関する研究」です。腎不全の患者さんに行う人工透析において、血液をろ過する装置が人工腎臓です。人体の血液は約5リットルですが、人工透析では1回に2リットルの血液を抜いて、ろ過します。血液を抜き取る速度が速過ぎると、患者さんは血圧が下がってショックを起こし、時には死に至るケースもありました。そのようなことが起きないように、人工腎臓をどのような条件で操作すればよいかを医師に示すシステムに関する研究です。

そのシステムを実現するには、まず、患者さんの血液の状態を計測する必要があります。私は大学院で、採血せずに光を使って血液の濃さなどを計測する装置の開発を進めていました。その計測データを、血液の状態を再現するシミュレーション・モデルに入力します。人工腎臓を操作する条件が変わると、血液の状態がどのように変化するかを計測して、モデルに入力して学習させていきます。やがてモデルが患者さんの血液の状態を正確に再現して予測できるようになり、血圧が下がらないように人工腎臓を操作する条件を医師に示すようになるのです。

それは、人と、モデルという情報系と、機械やロボットなどの物理系を融合複合させて一体的に扱うHALにつながる

る研究テーマでした。私は、特別研究員に申請するときに、それまで頭の中で描いていたビジョンを初めて形にしたのです。研究者としてスタートを切る直前に、自由な発想で研究計画をまとめた経験は、とても貴重なものとなりました。私はその後も、大胆な研究計画を練って研究費の申請を行い、研究プロジェクトを進めることを繰り返していきました。その最初の経験が特別研究員への申請だったのです。また、特別研究員の研究費のおかげで経済的にも楽になりました。それまで私は高価なコンピュータをローンで購入し、アルバイトをして返済する生活をしていましたが、研究に集中することができるようになりました。

## 新学術領域【サイバニクス】の提唱とHALの開発

——1986年度に特別研究員として研究を行い、学位を取得した後、研究をどのように発展させていったのですか。

山海：私は所属していた学会からいったん退会しました。当時から超高齢社会が到来することは明らかでしたが、それに伴う社会課題の解決は、細分化された既存の研究分野のみからでは難しく、分野を融合した新しい研究分野を開拓する必要があると考えていました。そのため、学会を辞めて、論文もほとんど書かずに、数年かけて、あるべき未来社会のビジョンやグランドデザインの構築に没頭しました。

そして、加齢や疾患に伴い低下する脳・神経・筋系の機能再生・機能改善の治療をしたり、介護者の身体にかかる負担を低減したりするために、人・ロボット・情報系を融合複合させる技術を創出することを目的に定めました。「重介護ゼロ社会の実現」を目指すことにしました。

それを実現するために、Cybernetics、Mechatronics、Informaticsを中心に、脳・神経科学、IT、ロボット工学、システムインテグレーション、心理学、さらには法学や倫理、経営などを融合複合した新しい学術領域【サイバニクス】を提唱しました。その基本的な考え方は特別研究員の申請のときにも盛り込みましたが、実際にサイバニクスという言葉が筑波大学の学内で使い始めたのは1987年からです。1990年ごろからは学術論文等でも使い始め、1991年からHALの基礎研究開発に着手しました。

——身に付けることで身体機能を改善・補助・拡張・再生することのできるHALは、どのような仕組みで動くのですか。山海：私たちが手足を動かそうとすると、脳から電気信号による指令が脊髄神経を経て筋肉へと送られます。そのとき、皮膚表面に漏れ出てくる微弱な生体電位信号をセンサーで読み取り、その信号をもとにHALのパワーユニットを制御します。これにより、実際に装着者の筋肉が動く直前に装着者と一体となってパワーユニットが動作を実現するため、装着しなければ身体を動かすことができなかった患者さんであっても、自分の意思に従って実際に身体を動かすことが可能になり、動きに連動した感覚系情報が脳へとフィードバ

クされるというインタラクティブなバイオフィードバックループを構築することが可能になります。人工腎臓制御システムのモデルは脳でいえば血圧などを制御する脳幹に、HALのモデルは小脳や大脳の運動野などの運動中枢に相当します。——HALで身体機能の再生・改善治療ができるそうですね。

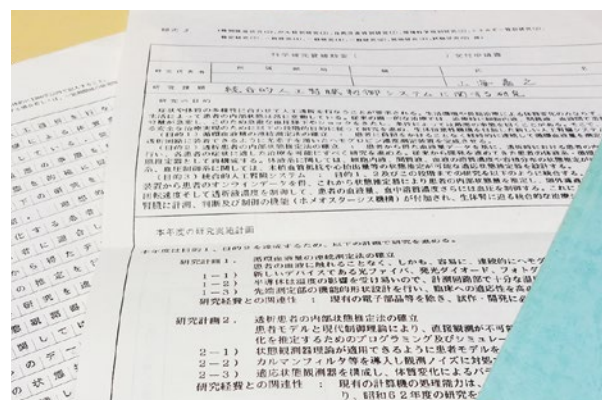
山海：脳卒中などの患者さんは、脳から電気信号で指令を出しても思い通りに身体を動かすことができなくなる場合があります。脳が出す指令信号に異常があるからです。頑張っただけで動かそうとしてもうまく動けないことが続くと、さらに脳の活動が過剰になって症状が悪化するケースがあります。HALは、異常のある電気信号であっても、そこから装着者の随意的な動作意思に従った適切な指令信号を検出し、脳がイメージした通りに腕や脚が動くようパワーユニットを駆動させ、意思に従った運動を実現します。その動きを生体内の感覚神経系や体外情報を通じて視聴覚が捉えることにより、イメージ通りに身体が動いたことを脳にフィードバックします。HALを介したこのようなフィードバックを繰り返していくうちに、脳が適切な電気信号の指令を筋肉に出せるようになり、身体機能の再生・改善を促進するという仕組みです。

——HALのような独創的な研究をするには何が必要ですか。

山海：私の研究スタイルは、現在の課題を解決してから次の課題を設定して進むといった積み上げ型ではありません。まず、あるべき未来の姿を描きます。それが「重介護ゼロ社会」です。描いた未来の地点に立ち、そこから現在を振り返るといった視点に立つと、あるべき未来社会を実現するためにはどのような開拓領域や革新技术が必要かということが見えてきます。それが新学術領域「サイバニクス」や革新的サイボーグ型ロボット「HAL」なのです。

私は目的達成のために、研究分野の境界を飛び越えてきました。神経が断裂しているとHALでも機能再生ができません。そこで、再生医療の研究者と連携して、神経をつなく技術や神経細胞の培養装置も自分たちで研究開発しています。高校生までに理科のさまざまな実験を行い、科学技術全般の技術を身に付けたおかげで、アイデアをすぐに具現化できるようになりました。それが新しいものを創造するときに大変役立っています。

(取材・構成：立山 晃／フotonクリエイト)



山海嘉之さんの特別研究員の申請書類