メカライフな人々 No.23

ロボットスーツ HAL（ROBOT SUIT HAL®）開発者
筑波大学大学院　システム情報工学研究科　教授
大学発ベンチャー企業 CYBERDYNE 社　CEO
山海　嘉之氏

今回のゲストは，「ロボットスーツ HAL（ROBOT SUIT HAL®）」福祉用の開発者として知られ，筑波大学大学院システム情報工学研究科サイバニクス研究室の教授であり，また大学発ベンチャー企業 CYBERDYNE 社の CEO でもある，山海嘉之（さんかいよしゆき）先生である．人・機械・情報を融合した新しい学術領域としてサイバニクスを提唱し，日本の最先端ロボット技術を牽引（けん）する先生はとても情熱的で，学生委員一同，終始楽しくインタビューさせていただいた．

小学生にして研究者の片鱗

メカライフ編修委員（以下，**メカ**）　先生が研究者を目指したきっかけを教えてください．

山海先生（以下，敬称略）　実は私は「大きくなったら科学者になろうと思う」なんてことを，小学校の作文で書いていたんです．ロボット技術をより優れたものにして，それで人の仕事をサポートしていく，という内容です．

「科学とは，悪用すればこわいもの」とも作文に書いてあります．つまり科学技術は，それを作る側，利用する側，両方の面でいろいろ考えていかなければいけないということを，この作文を書いた少年は示唆してくれています（笑）．こういうのが残っているから，言った手前がんばるわけです．

メカ 先生の学生時代のお話を教えてください.

山海 私は工学の博士号を取った後，医学部に行き直そうと考えていました．当時の私は，工学と医学を融合した新しい領域の分野を作りたいという思いがあったからです．もともと両方行くつもりだったので，先にどちらへ行っても順番が違うだけだと思っていたのですが，指導教官に止められました．「新しい分野を作りたいならば，まずは連携をしてごらん．騙(だま)されたと思ったら，あらためて医学部に行き直したらいいじゃないか」と．医学部に入って博士号をとるまでに約 10 年かかる．ということは，学生をやっているうちに研究者としてのピークが過ぎてしまう可能性もある．先生はそういうことを心配してくれたのでしょうね.

それで医学と連携をしながら勉強を始めたのですが，これは画期的でした．もし本当に医学部に入って整形外科に行ったら，整形外科だけしかできませんし，脳外科に行ったら脳外科だけ，医学部の制度の中では，最低限まず自分の道を極めてからでないと他分野には行きにくい．そういう意味で，医学分野と連携するという方法を採用したことにより，すぐに医学全分野が研究のターゲットに入った．これが良かった.

メカ 現在先生がとくに力を入れていることを教えてください.

山海 人を支える技術の研究・開発と，未来改革を進めながらの人材育成ですね．そのための組織作りを大学とベンチャー企業で行っています．研究対象はサイバニクスという，人と機械と情報を融合した新しい分野です．工学の分野だけではなく，医学，ビジネス，社会科学や思想といった分野からも支えてもらっています．この組織では，論文を無事に書いてもらえれば，審査を経て，工学博士だけでなく，医学博士も，社会科学の博士も出せます．そういう体制がだんだん整ってきています．現在，大学や学生と調整をしながらやっているのですが，たくさんの組織が集まっているので本当に大変です．これを越えるためにもいずれ，少しずつ改革していこうかなと思っています.

『ロボットスーツ HAL』福祉用について

メカ 先生は『ロボットスーツ HAL』福祉用（**図 1**）の研究で広く知られていますが，先生が『ロボットスーツ HAL』を本格的に研究しようと思ったきっかけは何ですか？

山海 人間は生きていくうえで，命にも能力にも限界があります．そこをなんとかテクノロジーで補えないかと思い，HAL®の研究を始めました．歳をとるごとに能力が右下がりになり，そんな状態で長い時間を過ごし，みんながだんだん暗くなっていくような人生は良くない．1 回の人生ですから，最期の瞬間まで心も体も元気であってほしい.

メカ HAL®の動作原理について教えてください.

山海 HAL®には二つの制御方式があります．サイバニックボランタリーコントロールといって随意制御，つまり人間の意思のとおりに動いてくれる制御機構を搭載しています（**図 2**）．脳から体を動かしなさいという命令が筋肉に伝わって，人間の体は動きます．だから，この命令がきても筋肉が動かない人，筋肉が弱ってしまった人の場合は体が動かない．一方，命令がきているならば，HAL®はその信号を受けて動作します．ただ，頭の中で動けとイメージするだけでは動きません．本当に体を動かそうとすると，動作の成否にかかわらず細胞のゲートが開き，電子が流れて初めて信号が伝わっていきます．人の体の細胞にはイオンチャネルというものがあって，イオン電流が流れるようになっています．HAL®はこのイオン電流の微弱な信号を受けて動きます．体を動かそうとすると HAL®が連動してくれるので，それを体に装着すれば，HAL®のパワーが運動をアシストしてくれます．ほかには，イオン電流のセンシングを行わず，プログラムで決められた動作を HAL®に行わせる自律制御機構も搭載しています.

メカ HAL®はどれくらいの力を補助してくれるのですか？

山海 HAL®が補助するのは立ったり座ったりするときに必要な力ですから，人間の基本動作を支援するのに必要な動力を上限にしています．そうは言っても，ユーザの中に

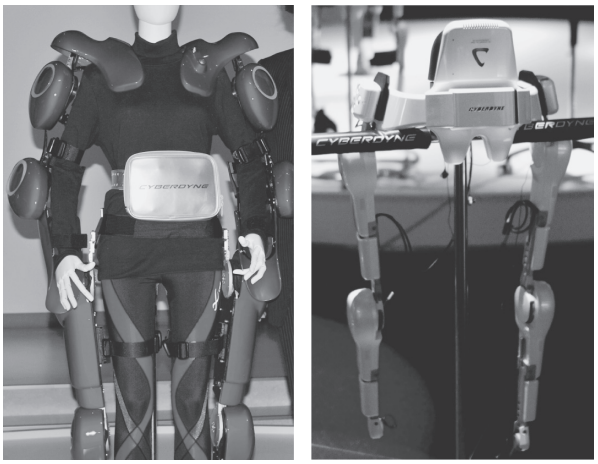

図 1 『ロボットスーツ HAL』福祉用（左：全身型，右：下半身型）

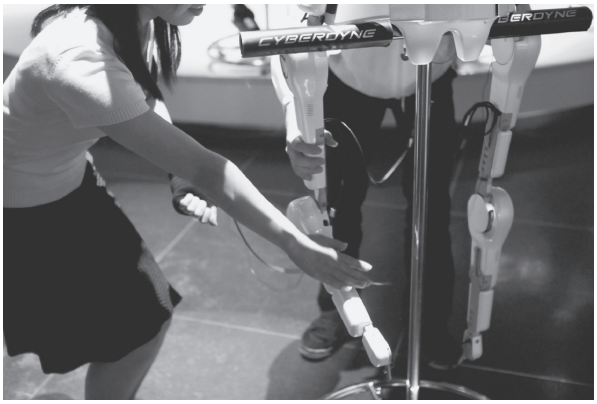

図 2 HAL®の操作体験をする学生委員

は重篤な患者さんもいらっしゃるので，介護施設や医療施設の方が「もう少しパワーを上げたい」というときは，リミッタを少し変えてあげます．もちろん安全のため，力が出過ぎないように工夫してあります．

メカ　HAL®を着た状態では，どの程度精密な作業が可能ですか？

山海　現状では，関節に補助力を発生させることを主題に開発しているので，それほど精密な作業はできません．ですが，自分の足を動かそうとするには十分な精度です．最近はHAL®のハンドバージョンができて，これでやっと手を開いたり握ったり，ということができるようになりました．精密な動作の実現は，徐々に段階を経ながらになると思いますが，これは面白いテーマなんですよ．人間は眼がしっかりしていると緻密なことができるのではないかと，私は思っています．たとえば，手に棒を持って，その棒の先で細かな作業ができるのは，目のフィードバックが大きいためです．お医者さんが心臓の血管を縫うときも，1.5mmの血管を約10回縫うのですが，あれは拡大鏡を使うとできるけど，拡大鏡なしではできない．要するに見えるかどうか，ですね．これは精密な動作を行ううえで大きいと思います．

メカ　センシングによって，HAL®はどこまで人間の身体に追従することが可能ですか？

山海　おおざっぱに挙げましょう．手首から先は，動作の延長線というよりは，知能の延長線でしょうね．だから質的に違うものがあると思います．それ以外は動きの世界ですので，センシングでHAL®側に持ってこられると思いますね．

メカ　HAL®を装着した人はどの程度素早く動けますか？

山海　歩きならば時速6km程度が上限です．早歩きぐらいですね．でもかなり早いですよ．

メカ　HAL®装着による人体への負荷はどのようなものですか？

山海　装置の自重はすべてHAL®の足裏が支えますので，人間は負荷を感じないです．装着用のバンドで縛っているという負荷はあるかもしれませんが，何かしらの負荷を感じることはありません．

メカ　HAL®が使用できる環境について教えてください．

山海　現在想定しているのは室内ですが，日常の生活防水ぐらいまで範囲を広げたいですね．地形では，滑らなければ斜面も行けると思います．たとえば登山ですね．50〜60kgの荷物を背負って2時間，という実験を過去に行いました．このHAL®は登山用で人を背負って動けるようになっています．

メカ　全然疲れないのですか？

山海　実験の結果から，50〜60kg背負っていても2時間は行けます．この登山用HAL®は，靴ごとカチャッと乗り込むタイプで，「着る」というレベルから「乗る」というレベルに切り替わっていますが，原理は同じです．

メカ　現在，HAL®はどのくらいの台数が販売されているのですか？

山海　実際には昨年7月にレンタルを開始したばかりです．研究パートナーとなっている病院などを含めれば，現在のバージョンでは数十台ですね．価格については，まだちょっと高いかもしれませんが，リース期間などにより価格は変動しますが，両脚型で月額約20万円．もっと安くしたいのですが，販売数とのバランスなので．

図3　インタビュー中の山海先生

メカ　HAL®の生産専用工場はあるのですか？

山海　CYBERDYNE本社でのファクトリーで生産しています．頑張って年間500台くらい．実際にはフラッグシップモデルしか作りません．それより大きい数はすべて別の工場にお願いしようと思っています．なぜフラッグシップモデルを自社で生産するかというと，生産するだけではなく，同時に作り方の研究もやってしまおうと思っているのです．

メカ　HAL®の開発や，製品化にかかった資金はいくらくらいですか？

山海　資金ですか，これは…すごいですよ．どこまでをカウントするかにもよりますが，とても大きな金額です！一般的な大学の研究室では考えられないくらいの予算を投入しています．大企業でも開発費にここまで出すところはそうないと思いますよ．

メカ　HAL®へのユーザの反応，感想はどのようなものですか？

山海　とても喜んでいただいております．私がうれしかったのは，私が難しいのではないかと思っていたHAL®の用途に対して，施設の方が私の考える以上の工夫をして使ってくれたことですね．これこそが，インタラクティブな器具だと思います．

メカ　『ロボットスーツHAL』の研究・開発を通して，先生が最終的に設定なさっている目標を教えてください．

山海　HAL®のような新産業の創出と人材育成を通じて，人々の所属する世界の組織そのものを改革していくスパイラルを発生させ，次の時代を作る人たちへバトンタッチできるような流れを作っていきたいです．

ベンチャー企業CYBERDYNE社について

メカ　先生はHAL®を一般ユーザに提供するために，CYBERDYNE社というベンチャー企業を設立されました．大学の研究室から起業するということは，先生にとってどのような経験でしたか？

図4 インタビューの様子

図5 山海先生と学生委員

山海 すばらしい経験でした．工学というのは，物を作る学問ですよね．ところが日本の大学の先生は，実際にはあまりものづくりにタッチしていないと思います．そういう意味では，ものづくりをひととおり全部見ることができたのは，ものを作る立場にいる人間としては，ありがたかった．また，企業を設立したのですから，ものづくりに限らず，組織運営まで全部やらないといけない．ルール作りとかも経験して，ものづくり人材育成に本当に必要なものが何かは，自分なりに見えてきたかな．

メカ CYBERDYNE 社という社名の由来を教えてください．

山海 メカトロニクスやインフォマティクスなどのように，サイバニクスという，私が作った新しい学問分野の名前を，1989 年から学術の名前として使いはじめました．社名の CYBERDYNE は，“サイバ（CYBER）”と，力という意味の“ダイン（DYNE）”からなっています．

メカ CYBERDYNE 社のスタッフ構成について教えてください．

山海 人数は 60 名くらいです．年齢層は 30 代の人たちが多いですが，年配の方もいます．ホームページを見て応募してくる人が多いです．博士号をとる学生は結構いますね．おそらく 4 割ぐらいが博士号を取得しているのではないでしょうか．あとはマスターの人や，学部卒の人もいたり，さまざまです．

メカ 大学院で行われている研究と，企業で行われている研究・開発は，それぞれ独立に行われているのですか？

山海 独立した部分と，共同でやっている部分と二つあります．また，大学発ベンチャーそのものが研究活動の一環でもあるわけです．どうやって研究を産業に結びつけるか，どうやって人材育成に効果的なスパイラルを回していくかということが，すべて連動しています．これらは大学発ベンチャーがやらなければならないことだと思います．

メカ HAL®は実用化に成功したロボット技術の一つですが，現在盛んに研究されているはずのロボット技術の多くが，なかなか社会に採用されない現状を先生はどうお考えですか？

山海 「こういうロボットを作ったのでどこかで使いませんか？」とか，「こういう技術を使ってロボットを作る場合に，どこかに役立ちそうですか？」という順番でやろうとすると，研究成果の出口イメージがなかなか出てこないのだと思います．それよりも，社会が抱えている大きな問題，たとえば介護問題，寝たきり問題とかいろいろありますが，そういう問題に対して，どう解決するのかということに知恵を絞って，解決のシナリオができたらそれを解いていく．社会には未開の分野がまだところどころにあって，それを開拓するのがおそらく研究開発じゃないかと考えています．だから出口イメージを決めて，実際の社会で本当に役立つシナリオを作り上げて，それから開発手順・プロセスを作っていくのが重要だと思います．

おわりに

メカ 最後に学生や若手の技術者に向けてメッセージをお願いいたします．

山海 研究・開発を行ううえで，夢や情熱というのは非常に重要な要件だと思いますが，それ以上に重要なのが，人を思いやる心です．マンハッタン計画はその悪い例で，原子爆弾を作ると言ってあれだけ世界から人が集まってしまう．どうかしていると思いますよね．工学の分野で人を思いやる心がある人には，どんな技術が人にとって役に立つのかが見えます．私はいつもそこが気になっています．ところが，その心がない人は，どんなに技術に興味をもっていても，作ったものが社会とは関係のないところへ行ってしまう．そんな人が何か作っても，かゆいところに手が届かない技術になると私は思います．だからそういう意味で，工学の世界では心という部分が実は重要になるのではないかと思います．心を持った人が研究者になって，開拓をしてくれるのであれば，きっと素晴らしいものができてくるでしょう．

メカ 本日はどうもありがとうございました．

（メカライフ学生編修委員 宮嵜哲郎，青木治雄，秋元健太郎，兼平さゆり，猿木恭文，田中 文，塚田 匡）

※『ロボットスーツ HAL（ROBOT SUIT HAL）』，『ロボットスーツ』，『HAL』は，CYBERDYNE（株）の登録商標です．