

ロボットスーツ（HAL®）の体験レポート

患者会員 河原 学

1. ロボットスーツの体験

H23年4月23日の新聞朝刊にロボットスーツの展示拠点HAL SPOTの記事が出ていたので、早速体験をしてきました。HAL SPOTとは岡山県出身のサイバーダイナミクス株式会社代表取締役社長／筑波大学大学院山海嘉之教授が開発したロボットスーツHAL®を実際に見て体験できる西日本で初めての展示拠点です。岡山県と県産業振興財団が開設し、県民に体験してもらいながら活用できる分野を探り、将来的にはHALの開発拠点や量産工場の誘致を目指しています。

HAL SPOTはテクノサポート岡山（岡山市北区芳賀5301）にあります。



テクノサポート岡山前にて



HAL SPOT前にて

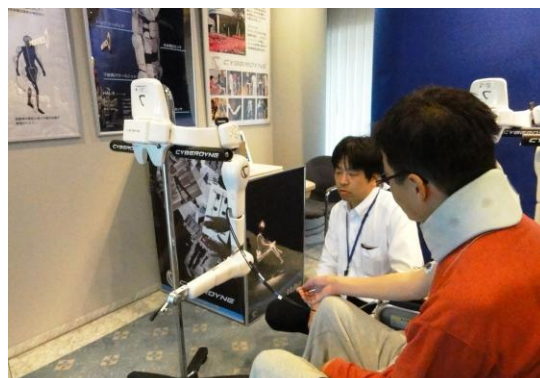
HAL SPOTに入ると、単脚型、両脚型ロボットスーツHAL福祉用が展示してありました。説明してくださったのは岡山県産業振興財団の方です。私はどちらかというと足が不自由なので、両脚型のロボットスーツを装着体験したかったのですが、体験できるのは腕の筋肉を利用したデモンストレーションだけということで、少し気落ちしましたが、早速体験をさせて頂く事にしました。

体験といっても、体に生体電位センサーを取り付け、傍にあるロボットスーツがどのような動作をするかを見るだけなので、実際に装着する訳ではありません。生体電位センサーは身体を動かそうとする時に皮膚表面に僅かに漏れ出てくる信号を測るもので、この信号に基づいてロボットスーツが体をアシスト（補助）してくれる仕組みです。電動アシスト自転車が、自転車を運転する人の力を補助して坂道でも楽々に上がってくれる様に、ロボットスーツが不自由な肢体を普通に動作できるようにアシストしてくれるという訳です。

まずはセンサーの取付けです。上腕の表と裏側に2ヶ所ずつと補助的な意味で基準電極1ヶ所の計5ヶ所に貼り付けます。貼ったり剥がす時に痛みなどは無く、取り付けた痕も残りませんでした。

ケーブルをセンサーに接続し、ケーブルの反対側をロボットスーツHALに接続します。ロボットスーツにはコントロールユニットが搭載されており、生体電位センサーからの信号を解析し、ロボットの動きを制御するようになっています。アシストする強さは、ロボットスーツについているインターフェイスユニットのスイッチでコントロールできるようになっており、装着する人の身体能力に合わせて設定できるようにになっています。

さて、ロボットの電源を入れて、どの様に動作するか？実験です！。腕を曲げ伸ばししてみると、ロボットも同じように動作します。なるほど上手く考えられたものです。ロボットが自分の腕の動きに合わせて動くところに、感心しました。



2. ロボットスーツとは

ロボットスーツの展示コーナーの隣の部屋には、ロボットスーツの解説などパネルで紹介してありました。パネルの内容（内閣府総合科学技術会議ホームページ参考）について以下に抜粋して紹介します。

障害者の自立を支えるロボット技術

日本は現在、世界で最も高齢化が進んでおり、2055年には65歳以上の高齢者が人口の40%を超えると予測されています。このような状況にあって、運動能力が低下した高齢者や障害者は家に閉じ籠もりがちになるため、精神的孤立を覚えたり生き甲斐を喪失したり、家族や介護者に負い目を感じるようになり、結果として一層社会参加の機会が減少することが懸念されています。

一方、高齢者や障害者を介護する側からすると、介護者の絶対数が不足するため介護労働の負担が増加したり、介護の質が低下したりするおそれがあります。介護をされる側とする側とが抱えるこのような問題を解決するため、現在「ロボットによる自立支援技術」への期待が高まりつつあります。たとえ運動能力が低下しても、ロボットの助けを借りて自立し自ら身体を動かすことができれば社会参加が可能となりますし、逆に介護する側の負担も減るのでより手厚い介護を提供できるようになると期待できます。

人間の動きを検知してロボットを思いのままに動かす技術として、まず人間が身体（筋肉）を動かそうとすると、その指令（信号）は脳から神経を通じて筋肉まで伝えられます。このとき、非常に僅かですが電気信号が身体の皮膚表面に漏れ出てくるということが知られていて、この電気信号を「生体電位信号」と呼びます。この生体

電位信号をセンサーで測り、その時の身体の動きと合わせると、「どの筋肉が動くときにどういう信号が現れるか」という関係がわかるので、その関係を逆に使えば、「ある信号が現れた時にどの筋肉が動くか」を推測できるようになります。そこで、生体電位信号を高速に処理して筋肉の動きに合わせてロボットを動かすと、まさに「自らの思いのまま」にロボットを動かすことが可能になります。このサイボーグ技術の実用化に世界で初めて成功したロボットが、筑波大学大学院の山海（さんかい）教授が開発したロボットスーツHAL®（Hybrid Assistive Limb）です。

HAL®全身用は、肩・腕・腰・膝など、日常生活の中で特に大きな力がかかる部分をサポートするために開発されました。重さは23Kgありますが、HAL®が自分自身を支えるため装着しても負担になりません。バッテリーで約2時間40分動きます（バッテリーを交換すれば連続で動作します）。下半身用は主に腰と膝をサポートすることを目的としており、単関節用は肘や膝などに取り付けます。さらに、モーターなどを小型化した手・指先用のHAL®も開発されており、身体機能の低下や障害の状況に応じて様々なタイプのHAL®を利用することが可能となっています。

HAL®は現在、リハビリへの適用を見据え、医師などと共同で実証試験を行っています。これまでに、（1）2年間車椅子生活を余儀なくされていた脊髄損傷患者がHAL®を利用して歩行が可能になった、（2）脳卒中で片半身麻痺となった患者がHAL®のサポートにより脚を屈伸できるようになった、（3）生後11ヶ月でポリオに感染し、45年間歩行できなかった患者が生まれて初めて自らの脚を動かせたなど、数多くの成果が上がってきており、医師からも患者からも早期の実用化が期待されています。しかし、HAL®が今後製品化され、実用に供されていくためには、技術の開発だけでなく、関係する法律の整備や安全基準の整備、介護・医療保険などの適用による導入コストの低減など、多くの課題解決も必要です。

HAL®は様々な場面での応用が可能です。例えば生体信号と制御信号を記録しておくことで、そのデータはその人が「どう身体を動かしたか」を示す一種の活動履歴を表します。そのため、このデータを見れば、リハビリでHAL®を身につけている人がどれだけ活動したのか、どれだけリハビリの効果が現れたかなどを医師が知ることができるのです。また記録した制御信号を使って「動き」だけを再現することもできますから、理学療法士などによるリハビリ・トレーニングの動きを記録しておき、後でそれを再生すると、理学療法士がそばにいなくても自分でトレーニングをすることができます。

もちろん、HAL®の応用は高齢者・障害者の自立支援だけに限りません。HAL®は健常者が装着した場合も自分の筋力以上の力が出せますから、普通では一人では持ち上げられないような重たい荷物も一人で楽々運べるようになります。さらに動きの記録・再生機能を使えば、イチロー選手のバッティングやタイガーウッズ

選手のゴルフスイングの「動き」を体験することも可能になるかもしれません。

3. ALS患者への適用について

話を伺ったところでは、現在は個人向けとして販売またはレンタルはしておらず、施設向けにレンタルのみ行っているとの事でした。また現在のところ製品版としてレンタルしているのは、福祉用ロボットスーツのみだそうです。ロボットスーツHAL福祉用の両脚用の場合はセンサーを片足だけで9ヶ所、両足で計18ヶ所に貼り付けます。センサーを内蔵した専用の靴を履いて、重心の動きを常にロボットスーツが測定しています。両脚モデルの重さは約12Kgでバッテリーの稼働時間は約60～90分。サイズがS/M/Lとあって身長145～185cmの方まで利用できるとの事。ちなみにレンタル料金は契約期間1年間の場合で月額約17万円と現在のところ未だ価格的に高いものがありますが、利用する施設の利用者が個人的に利用するのではないので、人数割すれば一人あたりの利用料は安くなるとの事。岡山県では病院含めて3施設が導入しているそうです。

HAL SPOTでの装着体験は、安全上の面を考慮して、岡山県産業振興財団では対応しかねるとの事で、残念ながら今回は実現できませんでした。今回テスト的にセンサーを取り付けてロボットが動く様子を見た結果、ある程度体が動けばロボットスーツは対応は出来ると感じましたが、病状が進行して筋肉量が更に低下した場合に、果たして対応できるかどうかは、製造元であるサイバーダイン社に確認をお願い致しました。今後さらに扱い易い安全な製品の開発に期待するとともに、利用する患者側、施設側にとっても経済的に負担にならない環境整備が必要と思いました。