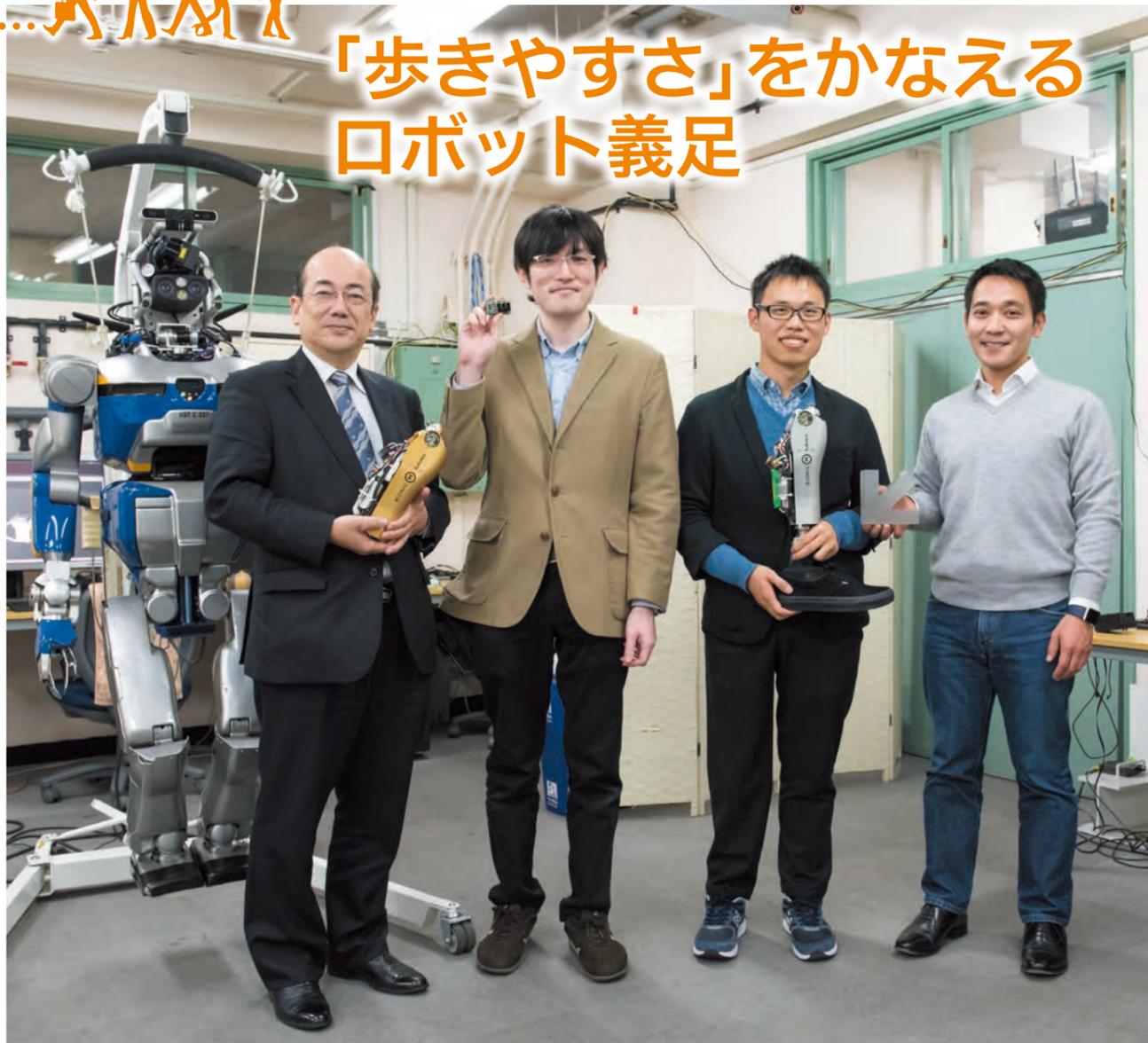




「歩きやすさ」をかなえる ロボット義足



事故や病気で足を失った人の歩行を支える義足。東京大学大学院情報理工学系研究科の稲葉雅幸教授らは、ヒューマノイド（人型）ロボットの2足歩行技術を生かして、筋肉を模倣した電動アシスト付きの義足を開発している。より自然に歩ける義足を低価格で多くの人に届けようと、ベンチャーの起業をめざす。

斬新なアイデアの ロボット義足に世界が注目

昨年3月、米国テキサスで開催されたマルチメディアの祭典「サウス・パイ・サウスウエスト (SXSW)」で注目を集めたのが、電動アシスト付きの義足「サニー (SuKnee)」だ。新興企業の登竜門ともいわれる「インタラクティブ・イノベーション・アワード」を日本チームとして初めて受賞する快挙を成し遂げた。

開発したのは、東京大学大学院情報理工学系研究科の稲葉雅幸教授らのプロ

ジェクトだ。「サニーは、モーターとバッテリーを内蔵した小型で軽量のパワード義足です (図1)。ヒューマノイドロボットの歩行技術を応用することで、人間の動きに合わせたアシスト機能を実現しました。」

広く使われている受動義足にはモーターがなく、自分の力で重い義足を動かして歩く。そのため疲れやすく、歩行距離も短くなる。段差にぶつかると、膝の関節部が前に折れて転倒しやすい。椅子から立ち上がる時は、義足でない方の足や腰への負担が大きく、姿勢も不自然に傾いてしまうなどの欠点を抱えている。

サニーは踏み出そうとする時、センサーでこの状態を検知した上で、モーターの力で足を振り出してくれる。より少ない力で義足を動かせるので疲れにくい。段差にぶつかっても、義足の膝の関節部が固定される上、モーターの力が膝折れしないようにアシストしてくれるので、転倒しにくい。椅子から立ち上がる時も楽に離れることができる (図2)。

SXSWには東京大学大学院情報理工学系研究科の菅井文仁特任助教と博士課程の孫小軍さんが挑戦した。授賞式では、聴衆が立ち上がって拍手を送ったという。



いなば まさゆき
稲葉 雅幸

東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授
1986年 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。工学博士。東京大学工学部講師、同大学院工学系研究科助教授および教授を経て、2005年より現職。

さらに9月には「ジェームズダイソンアワード」でも、国内最優秀賞および国際Top20に選出されるなど、脚光を浴びている。

ロボット技術と身体の融合で 多くの人に義足を届けたい

義足の世界市場規模は約1,200億円といわれており、欧米の会社が市場の大半を占めている。

市販されている義足は主に3種類だ。足の形状を模したものに膝や足首の関節を取り付けただけの「受動義足」。膝関節の曲がり具合を電子制御で調整する「電子制御義足」。そして、ロボット技術で装着者の歩行をアシストする「パワード義足」で、パワード義足を販売しているのは世界で1社のみだ。電子制御義足は約200～500万円、パワード義足に至っては、高機能を実現するのに1,000万円以上と高価になるため、現状は約100万円の受動義足が主流である。

中国・貴州省出身の孫さんは、9歳の時に骨肉腫で右足の膝から下を切断した。義足は高価で、最初の義足を手に入れるまでに15年かかった。ずっと松葉づえで生活してきた孫さんにとって、両手を自由に使って歩けることの感動は大きかった。

一方で、階段では重い義足を1段ずつ

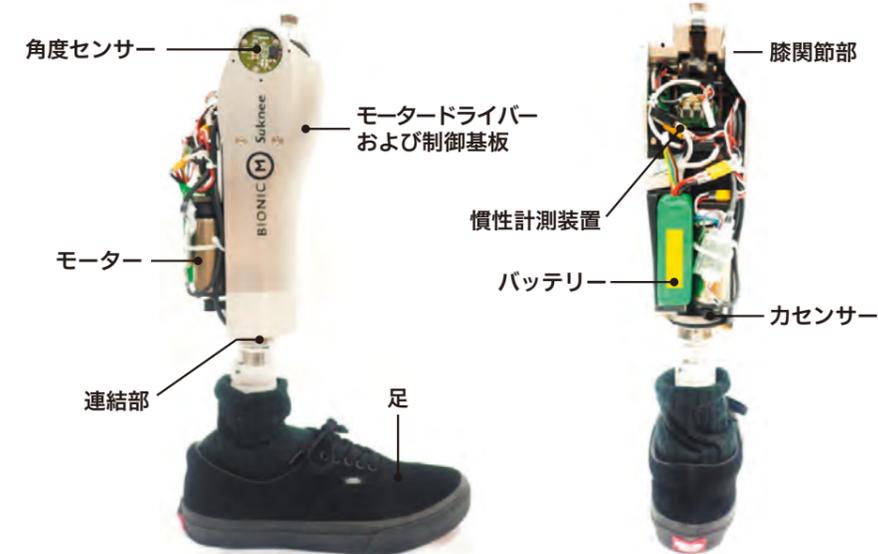


図1 「サニー (Suknee)」の構造。「サニー」の名称は、孫さんのニックネーム「サニー」に由来する。「サニーには『明るい』という意味があり、膝の『knee (ニー)』とも掛けました。サニーを装着することで明るい人生を送ってほしいという願いを込めたと孫さん。

持ち上げなければならない、両足で交互に上ることができないという課題も抱えていた。人間の歩行の再現をめざすロボットの技術を応用することで、既存の問題点を解決する義足を作れないかと考えた。

義足が必要な人は世界に1,000万人いるといわれる。そのうちの6割は、値段の高さや機能不足を理由に、義足の購入を諦めている。欧米企業が作る義足には、アジア人には大きさや重さが合わないものもあるという。

「生まれ故郷である中国をはじめ、インドなどのアジア地域では、足を失った人のほとんどが松葉づえで生活しています。世界のどこにもない高性能の義足を作って、低価格で届けたい」と、孫さんは強い使命感を抱いた。

マイナスをゼロにする義足で 事業化をめざす

既存のパワード義足を販売する会社は100年以上の歴史を持つ。孫さんはこう振り返る。「博士課程3年間でロボティクスの知識を学ぶだけでは起業は難しいと思っていました。大学発の技術の事業化を支援するSTARTプログラムへの採択は、起業へと背中を押してくれました。」

STARTでは、大学は事業化ノウハウを

持った事業プロモーターと組んで、事業戦略や知財戦略の支援を受けながら、ベンチャーの起業をめざす。

事業プロモーターである東京大学エッジキャピタル (UTEC) の井出啓介パートナーは「起業するためには、市場のニーズをくみ取り、今までの義足にない機能を搭載することが必要だ」と助言した。



そん しょうくん
孫 小軍

東京大学 大学院情報理工学系研究科 博士課程

2012年 東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。ソニーのエンジニアを経て、15年に博士課程に入学。

受動義足の日本人利用者約100人にアンケート調査を実施したところ、より自然に歩きたいというニーズは切実だった。「きれいに歩きたい、両足を使って階段を上りたい、椅子から立ち上がりたい」といったシンプルなニーズが多いことがわかりました。既存の受動義足では、それすら実現できていないことを痛感しました。サニーはこれらのマイナスをゼロにできる技術です」と井出さん。

関連する特許も調査し、稲葉さんが開発しようとしている技術が既存特許を侵害しないことを確認した。

小さくて軽いボディーで歩行を力強くアシスト

ロボット技術をそのまま義足に応用することは難しい。人間が身に着けて動かす義足は、小型かつ軽量であることが求められる。従来のロボットのように大きくて重くは使い物にならない。

小型化を実現したのが、電子回路を専門とする菅井さんだ(図3)。「ロボットを使って世の中の役に立つ研究をしたい、宇宙ごみを回収するロボットや災害対応ヒューマノイドロボットを開発してきました。義足は利用者との距離が近い研究で、やりがいを感じています」と意気込みを語る。

大きな力を出すため駆動部を油圧式にしているロボットが主流だが、サニーではモーターを使っている。菅井さんはアシスト力を出すモーターの駆動回路を小型化し、素早く確実な応答を可能にした。

常にモーターを駆動させていると、バッテリーがすぐになくなってしまいう心配がある。既存のパワード義足はバッテリーが切れると動かず実用性が低かったが、サニーは従来の受動義足と同様に歩行できる。

義足が重くなることを避けるため、バッテリーを小型化するシステムも開発している。

装着者の歩行に合わせて最適なアシストを実現

平地や坂道など歩く環境に応じて、人間は膝や足首の動き、角度、着地するタイミングなどを刻々と変化させている。この点に着目し、「今までは人間が義足に合わせてきましたが、義足が人間に合わせて動くようにしたい」と孫さん。

階段を上ったり椅子から立ち上がったりする際には、速度よりは、膝関節部を曲げ伸ばしする大きな回転力が必要である。平地で歩く時は、膝を曲げる力よりは速度の変化が求められる。そこで、人間の特性を模倣したハードウェアを開発し、人間の筋肉と同様に、回転力と速度の両立を実現している。

「ヒューマノイドロボット研究ではロボットそのものを歩かせるのに対し、義足は人間の動きに合わせる部分が増えてきます。人間が踏み出しているのに、それを義足が検知しなくて前に進まないなど、開発当初は精度よく踏み出しを検出することに苦労しました」と菅井さんは振り返る。

稲葉さんはこう加える。「パワード義足



いで けいすけ
井出 啓介

東京大学エッジキャピタル(UTEC) パートナー

1996年 スタンフォード大学経営工学修士修了。エンジニア、経営戦略コンサルティング、ベンチャー企業を経て、ベンチャーキャピタル業界に入る。2015年より現職。

の方が物理的な制約条件が厳しいので、エネルギー効率の改善など、ヒューマノイドロボットよりも研究開発が先行している課題があります。得るものが非常に大きく、手応えを感じています。この研究によりヒューマノイドロボットも大きく変わるでしょう。

さらに精度よく人間の動きを検知し、最適なタイミングでアシストできるように、機械学習を用いて歩行パターンや特徴を蓄積することも視野に入れている。

誰もが自由に動ける社会を夢見て

試行錯誤を重ねて製作した3番目のプロ



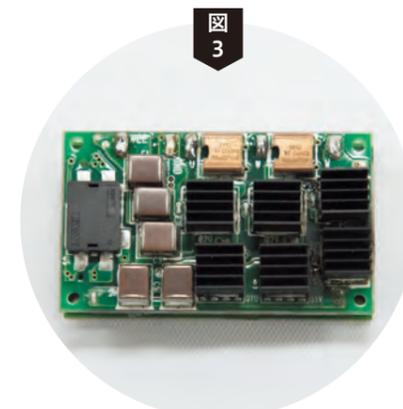
すが い ぶみひと
菅井 文仁

東京大学 大学院情報理工学系研究科 特任助教

2014年 東北大学大学院工学研究科博士課程修了。博士(工学)。14年より現職。

トタイプ(試作品)が現在のサニーだ。わずか1年間でプロトタイプの開発に成功した秘訣は、設計、評価、改良というサイクルをプロジェクト内で回せることだと稲葉さんは語る。

「一番の基礎となる電子回路から設計できることがプロジェクトの強みです。市販



菅井さんが開発中のサニーの電子制御基板

のものを組み合わせたのでは、目的の大きさにできません。試作品が出来上がると、すぐに孫さんが使い勝手を評価できることも大きいですね」と続ける。

高機能と優れたデザインを兼ね備えたサニーは、展示会でも高く評価されている。「義足利用者や医療関係者にいつ製品化するのかと聞かれます。より使えるものに技術を改良して、早く製品化したいですね」と菅井さん。

「ベンチャーを起業し、2020年までに製品化することをめざしています」と孫さん。量産プロトタイプに向けて改良を重ねると

ともに、製造費用を抑えて既存製品と比較して圧倒的な低価格で提供することもめざす。

義足の歴史は紀元前にまでさかのぼる。競技用義足のように、足の機能を補完するだけでなく、拡張できる時代が到来している。

「今はマイナスをゼロに近づける段階ですが、将来はゼロをプラスにする技術として、全ての人が使えるものに発展していくでしょう」と井出さんは期待を寄せる。だからこそ、従来の義足のように隠すのではなく、むしろ見せたくくなるようなデザインにこだわった。「健常者も身に着けて使いたくなるものとして技術を役立てたいですね。つえや靴代わりにすれば、旅先で長距離を歩いても、混雑した電車で立っていても疲れません」と稲葉さんのアイデアは広がる。

「技術の進歩は、不可能を可能に変えてきました。眼鏡のように、義足もファッションや身体の一部として溶け込む日が来ることを夢見ています」と孫さんは目を輝かせる。誰もが自由に動ける社会のために——。思い描く明るい未来への第一歩が踏み出された。

図 2

受動義足(左)とサニー(右)の違い。受動義足では、段差につまずくと、膝が折れて倒れてしまい、椅子から立ち上がる時、他方の足に大きな負担がかかる。サニーはこうした動きを強力にアシストする。詳細は下記のQRコードから動画で見ることができる。



受動義足

サニー



受動義足

サニー

assist users walk naturally, and stand up from seat much eas