



Technology

最先端技術で、

生命を支える。

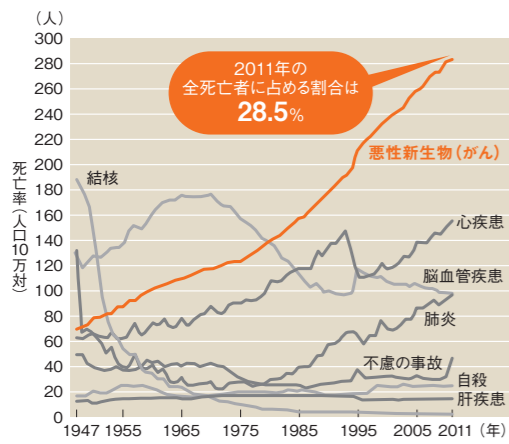


写真の巨大な構造物はプラント施設ではない。今年五月、佐賀県に開設されたがんの放射線治療施設の心臓部ともいえる設備だ。わが国における最先端の医療のカタチはここまでできている。

【JAPAN ORIGINAL】第五回は、最新の技術「テクノロジー」に裏打ちされた医療現場と、人間の身体能力を飛躍的に向上させるロボットを取材した。「健康長寿大国」に暮らす我々日本人の生命と力を強力に支える、日本発の最先端技術に触れる。

豊かで健やかな暮らしを実現しようとする取り組みの背景には、業界、分野にかかわらず、それぞれの揺ぎ無い「志」があることを再認識した。

写真：サガハイマツ

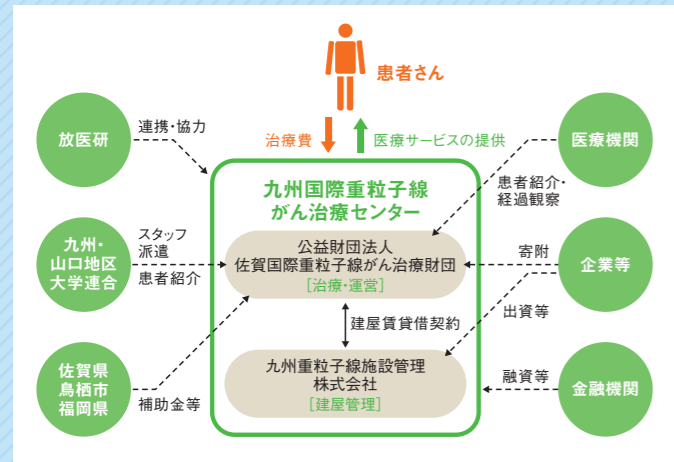


主な死因別にみた死亡率の年次推移

1981年以降、日本人の死亡原因第1位の座を維持し続ける「がん」。その死亡率、死亡者数ともに増加の一途を辿っている。罹患者数は40年前と比較して3倍にも達した。

産学官の共同プロジェクト

日本の重粒子線治療は昭和32年に設立された(独)放射線医学総合研究所(放医研/千葉)により研究開発が本格化した。その後、現在まで重粒子線の治療施設はこの放医研に加え兵庫県立粒子線医療センター、群馬大学重粒子線医学研究センターの3カ所が設置されている。サガハイマツは国内で4カ所目となる初の民間施設として産声をあげた。経済界、医療界、大学、行政が志を一つにした産学官の共同プロジェクトである。設立資金150億円の多くは「がん撲滅」を願う企業、団体、個人からの寄付で賄っている。



九州新幹線とJR長崎本線がクロスする新鳥栖駅。駅前には新たにホテルも建設される予定だ。

日本発がん治療の技術

九州国際重粒子線がん治療センター
SAGA HIMAT
SAGA Heavy Ion Medical Accelerator in Tosu

健康長寿大国

国内初の民間による最先端がん治療拠点

ランドマークともいえる九州新幹線新鳥栖駅の正面、約一〇〇メートルほどの敷地に地上三階建ての真新しい建物が見える。その上方には二〇メートルを超える巨大な立方体の建屋がそびえていた。一見したところ劇場かホテルのような佇まい、周辺は閑静な住宅街だ。今年五月、佐賀県鳥栖市にオープンした「九州国際重粒子線がん治療センター(サガハイマツ)」。九州初、全国で四カ所目となる重粒子線がん治療施設である。

現在、日本人の二人に一人ががんを患い、三人に一人はこのがんによって命を落とす。現代のがん治療は主に、外科療法、化学療法、

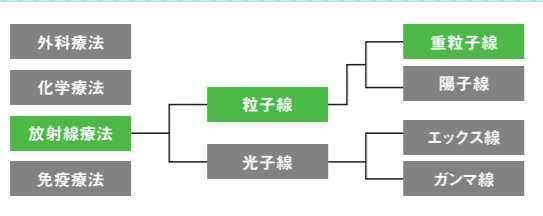
放射線療法などに委ねられる。なかでも放射線療法の進歩は目覚ましいものがあり、副作用の軽減、適応疾患の広さから大きな期待を集めている。サガハイマツはこの放射線のうち「重粒子線」に特化した治療を展開する。光速の七〇%まで加速した炭素イオンを、患者のがん病巣にピンポイントで照射し、がん細胞を破壊する治療法は、日本独自で開発された医療技術だ。

サガハイマツには「病棟」が無い。体への負担が少ない治療で入院を必要としないからだ。重粒子線治療は体力的な消耗もほとんど無いため、患者は通院で治療を受けることができる。そのため、広域からの通院を可能とする立地は大きなファクターとなった。本州と九州を結ぶ九州新幹線、これに並行して走る九州縦貫自動車道、そして東西を往還する九州横断自動車道の交差点が「鳥栖」だ。福岡空港、有明佐賀空港からも一時間圏内である。インフラの整備がセンターの設立に理想的なカタチで結実した。

重粒子線がん治療とは

放射線療法のひとつで、炭素イオンを加速器により光の速度の約70%まで加速し、がん病巣にピンポイントで照射する。厚生労働省から先進医療の認可を受けている。世界初の医療用重粒子線治療装置を開発した放医研はこれまでに7,000例を超える治療実績を誇る。日本独自の技術に世界が注目、ヨーロッパやアジア諸国への輸出も始まっている。

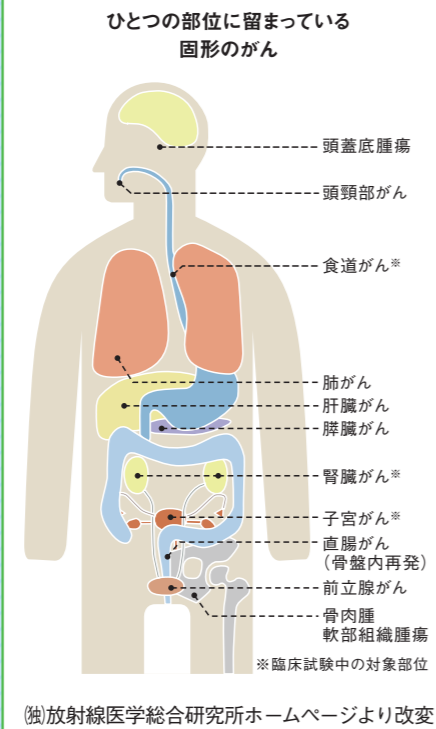
がんの治療法



重粒子線がん治療の対象

サガハイマツでは他医療機関から紹介され、重粒子線治療が適していると判断された患者が治療を受けられる。前立腺がん、肺がん、肝臓がんなど、ひとつの部位に留まっているイラストに示した固形のがんが対象で、広範囲の転移が認められるがんや、胃がん、大腸がんなど不規則に動く臓器のがん、白血病などの血液のがんは対象外となる。

治療の対象となる「がん」

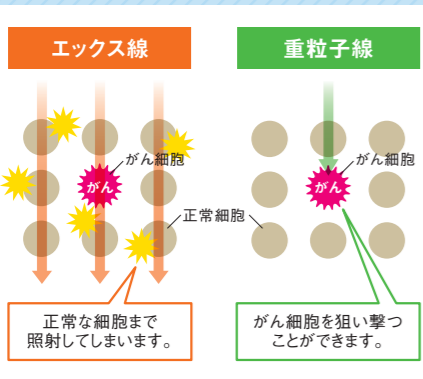


治療の対象とならない「がん」

- 白血病など血液のがん
- 広範囲転移があるがん
- 過去に放射線治療を受けているがん
- 胃がん、大腸がんなど不規則に動く臓器のがん など

がん細胞をピンポイント照射

照射イメージ



エックス線やガンマ線は照射する際に体の表面に近いところで放射線量が最大となり、その後、次第に減衰するためがん細胞そのものに十分なダメージを与えることが困難だった。さらに、がん細胞の周囲の正常細胞も壊す懸念がある。重粒子線は線量集中度が非常に高く、がん細胞にエネルギーを集中させることができる。がん細胞だけを集中的にたたき、周囲の正常細胞への副作用を最低限にまで軽減することが可能だ。

九州、ひいては
日本全体から
がんをなくしたい



九州国際重粒子線がん治療センター長

工藤 祥

大学、研究施設などが治療結果などの情報を共有することでさらに理想的な治療環境を創造することができるんです。そのためサガハイマツが中心となって外部からの内科医、外科医、放射線科医など各部門の専門家を交えた臓器

別のグループを形成、定期的にミーティングを開催し、情報交換を行っているという。工藤センター長は「がん治療に関わる地域全体のレベルを向上させ、さらには国内の治療拠点に育てていきたい」と語る。



「安らぎ」の内装は治療室でも踏襲されている。治療室Bは垂直、水平方向からの照射が可能だ。(写真：サガハイマツ)

がん細胞を狙い撃ち、 切らずに治す。

重粒子線によるがん治療の最大の特長は、がん病巣に狙いを定めて集中的に照射できる点にある。サガハイマツの工藤祥センター長に聞いた。「がんの放射線治療は、がん細胞のDNAを『切る』ことを目的として行われます。従来の放射線は角度を変えながら病巣にめがけて複数回照射しますが、正常な細胞にも影響を及ぼし、患者さんの身体的負担は無視できないものでした。重粒子線は体の表面では放射線量が弱く、腫瘍に達して止まる直前でその力が最大に達する『ブラッグピーク』という特性を持っていますから、正常細胞を傷つけることなくがん病巣を狙い撃ちすることが可能です」。さらにはがん細胞に対する殺傷効果が陽子線、ガンマ線、エックス線と比較して二〜三倍にもなるため、照射回数は半分ほどで済み、治療期間を短縮できる。

複雑な部位に発症して外科的な処置が困難ながんや、従来の放射線では根治が期待できない症例にも高い効果がある。治療には痛みを伴わず、副作用も最小限に抑えられるため、高齢者や体力に不安のある患者の負担を軽減できる。がん治療の選択肢が広がると同時に、「生活の質」も維持される。まさに患者にやさしい最先端のがん治療がここサガハイマツで始動した。

治療は他医療機関からの紹介が原則、治療後はサガハイマツで経過観察を継続するが、定期的な検査や診断は基本的に紹介元で行われる。医療機関との連携は重要だ。「重粒子線は先進医療として確立された技術ですが、その成果を最大限活かすには医療界全体の連携が不可欠です。地域の病院

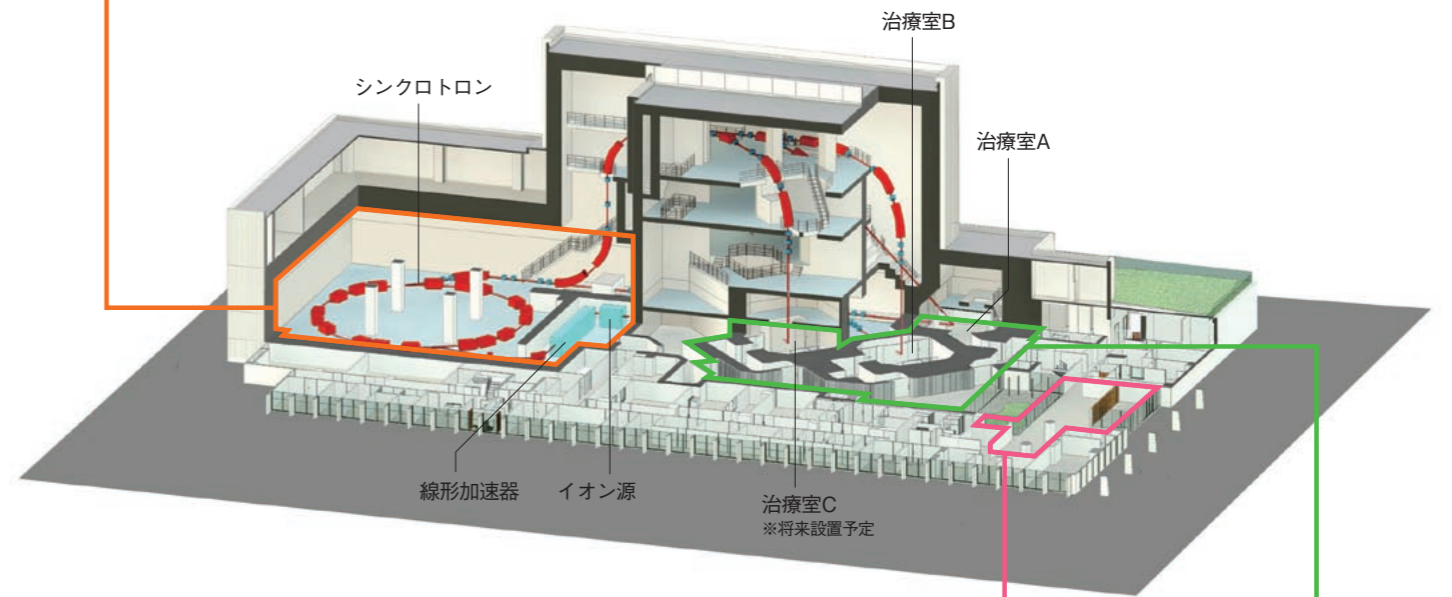


地域の大学、医療機関などの情報交換、共有の拠点となる部門も設けられている。

加速器エリア



左／イオン源でメタンガスから炭素イオンを取り出し、高速回転させて治療に必要な光速の約70%に加速させる直径約20mのシンクロトロン。重粒子線はここから治療室へと送られ、がん細胞に照射される。右上／メタンガスから重粒子線のもととなる炭素イオンを生成するイオン源。右下／炭素イオンはこの線形加速機で光速の9%まで加速され、シンクロトロンでさらに70%の速度を得る。(写真：サガハイマツ)

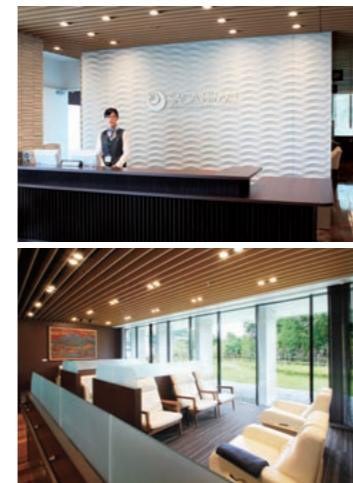


待合エリア



「光の中に生きる」と題されたステンドグラス。「光」と「大樹」のモチーフが緑色に輝く。サガハイマツのシンボルだ。

上／清潔感あふれる白いパネルを背景に木の温かみが活かされた受付。下／プライベートに配慮してパーティションで仕切られた待合スペース。



治療エリア



上／治療室は3室あり、治療室Aは水平・斜め45度から、治療室Bは水平・垂直から、将来設置予定の治療室Cは水平・垂直から照射できる。写真は治療室A。左下／治療室に至るまでダークブラウンを基調とした落ち着いた内装。右下／植栽を施した吹き抜けのポケットガーデンに心が安らぐ。(写真：サガハイマツ)

完璧な「遮蔽」を満たす放射線区画を構築

サガハイマツの建設にあたっては完璧な放射線区画を構築するため、「厚さ200cmのコンクリート壁」や「厚さ230cmの床スラブ」、「厚さ2.5cmの鉄板を40枚重ねた壁」などが必要でした。施工例の少ない要求仕様であり、密実かつひび割れないよう施工するには高い技術力が求められます。当社の技術センター、原子力本部他と連携し、同種施工実績を参考にコンクリートが固まる際の熱のコントロールや初期収縮によるひび割れを放射線区画性能上無害にする目的地を考案するなど対策を徹底しました。

「人がいきいきとする環境を創造する」という当社グループの理念をまさに体現する施設。その建設に携われたことをいま大変誇りに感じています。



大成建設株式会社 作業所長 山田隆則

治療室が稼動する。それぞれ水平と垂直、水平と斜め四五度の二方向から照射する装置を擁する。さらに数年後には高精度の三次元ビームスキヤニング照射装置を備えた三つ目の治療室も運用予定だ。「医」という漢字には「矢をしまいこむ容器」の意味があるという。サガハイマツの建屋は容積の半分ほどが炭素イオンを光速近くまで加速させる装置が占める。まさに重粒子線という「矢」をがん細胞に撃ち込む最先端の医療施設。その威容が人の命を守るバトルシップに見えてきた。

くつろぎ、癒し、安らぎの医療施設

サガハイマツの施設コンセプトは「くつろぎと癒し」といえる。待合室、相談室からなるロビーエリアは、フローリング、天井、手すりまで内装全体が木のぬくもりを感じさせる素材で統一され、落ち着いた空気に包まれている。ひと際目を引くのは右手の壁面を飾る巨大なステンドグラス。緑を基調としたガラスが優しく輝いていた。その外側の吹き抜けは自然光を取り込むポケットガーデンだ。訪れる人に安らぎを与える工夫が随所に施されている。

さらに、医療施設とはいえ放射線を発生する直径二〇メートルの大型の加速器を備える建物だ。建築を担った大成建設(株)の山田隆則作業所長は、高精度かつ良質な品質に基づく絶対安全な「放射線管理区画」の構築に最も力を注いだという。治療装置エリアは二〜四メートルのコンクリート壁で囲い、漏洩防止に万全を期した。

サガハイマツでは当初二つの

世界最先端の パワーアシスト 技術

人間本来の力を支える ロボット

アクティブリンクの原点は「人間が本来持っている力を支えるモノを創る」という志である。そのコンセプトのもと一〇〇キもの重量を持ち上げるパワーローダーから、農作物の収穫作業を支援するアシストスーツまで、ロボットの研究開発を通して様々なニーズに応える。藤本弘道社長はこう語る。「二人がかりで運んでいた

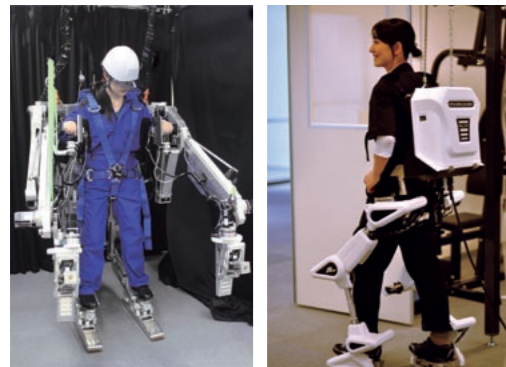
一〇〇キの荷物もパワーアシストスーツがあれば二名で移動、運搬できる。効率がいいですね。当社は自分で動くロボットではなく、人間の筋力などの力をサポートする機構の開発を目指しています」。

一〇年前に起業の原点となったのが脳卒中で片側マヒとなった障害者のためのリハビリ用ロボットだ。「上肢用リハビリ支援スーツ」は、健常な片側の腕の動きを検知し、そのデータをマヒしたもう一方の腕に伝え、空気圧制御の人工筋肉で再現する。マヒした筋肉に健常で動的な刺激を与え続けることによって機能回復を促していく。同様に下肢に装着し脚部のリハビリを支援する装具も世に送り出している。さらに高齢者向けにつまづきにくい靴の商品開発にも取り組んだ。ブーツの踵部分にヒールポンプを組み込み、脚の甲側と踵で空気圧をやり取りすることでつま先を支える機構だ。

開発プロセスを終えたこれら製品は、現在、関連会社に移管され、アクティブリンクは次のステップに駒を進めている。

パワーローダー

アシスト力 30~100kgf



防衛PLL

原子カプラント

災害救助

アシストスーツ

アシスト力 30kgf以下



工場・物流・農業

医療・福祉

建設業等様々な分野

重作業から運搬支援まで、アシスト力の軽重を想定し様々なニーズに応えられるロボットの研究開発が進められている。
(写真：アクティブリンク株)

人と機械の間をつなぐ ロボット技術

アクティブリンク株は松下電器(当時)の社内ベンチャー支援制度を活用して2003年に設立。ロボット技術をベースとした商品の企画や、産学官連携の研究開発事業を展開している。「人と機械の間をつなぐロボット技術」をコンセプトに、年齢性別に関係なく日常生活や労働作業を可能とするロボット技術の開発に取り組んでいる。その起点のひとつとなったのが障害者のリハビリ用装具やパワーアシストスーツだ。



左/リハビリ研究の一環として東京大学医学部に納入された「下肢用パワーアシスト装具」。
右/「上肢リハビリ支援スーツ」はTIME誌の「Best Inventions 2006」に選定された。
(写真：アクティブリンク株)

健康長寿大国

最新型の「パワーローダーライト」。ペダル裏のセンサーが検出する力の大きさに合わせて脚の動作を追随させ、最大40kgまで脚力を増大させる。

アクティブリンク
株式会社

無限に広がる ロボット技術の可能性

今秋にも市場に投入される新商品が、農業用機械メーカーとのタイアップから生まれた農業支援スーツだ。「梨やぶどうなどの果物を高い位置から収穫する際にその動作を支えるスーツ。高齢化が進む農作業の現場で威力を発揮するロボットです」と藤本社長。国内で初めて量産ラインに乗る農業用ロボットである。

藤本社長は、「ロボットの研究開発に携わる技術者のモチベーションは『ロボットをやりたい』という信念に尽きる」と語る。その興味、探究心が自ずと新しいロボット技術の開発に結実するというニーズはいたところにある。現在アクティブリックが目指しているのは重作業を想定したパワーローダーの実用化だ。パワーローダーのコンセプトは人間が装着するウェアラブルパワーアシストだ。動作の強さと方向を検出する操作部と、アーム部に配置された電動モーター部が機械的に直結してお

り、ロボットの挙動を体感しながら操縦することができる。機械が自律的に動作するのではなくあくまで人間の持つ筋肉の動きと意思を感じし、その動きを支える機能を優先する。建設現場や災害復旧作業において重量物を容易に移動運搬できる。介護の場においても食事や排せつ、移動などの重労働から介護者を開放する福祉ロボットとして活用が可能だろう。

介護福祉分野におけるロボットの市場は二〇一五年に一六七億円、その二〇年後には四、〇〇〇億円を突破するという経済産業省の試算がある。急速な高齢化を背景にこうした分野からのロボットに対する期待は大きい。

藤本社長には苦い経験がある。「脳卒中のリハビリ器具を発表した際に、子ども用をはじめ想定外の運用に関わる問合せが寄せられました。ところが当時の機構はそうした要請に答えられるまでに成熟していなかった。過度な期待感を醸成してしまっただけです」。以来、ニーズを的確に把握し、もてる技術を最大限に高度化させる姿

勢を貫いている。

「日本が大好きなので、新製品のロゴマークには漢字を使うようにしています。先人の努力によってロボットなら日本製、といわれらるまでになりました。市場が無か

った時代から手を上げ続けてきた企業として、今後もあらゆる分野でロボットを提案していきます」。藤本社長は毛筆で描かれた「蠅螂」というデザイン案を手にこう締めくくった。

重作業にも活用！ パワーローダー

パワーローダーの操作は車の運転と同様に習熟も必要。慣れれば慣れるほど思い通りの操作が可能になる。「マラソンは自分で走る。車は自分で操って駆け足の何倍もの速度で走る。あるいは電動自転車の発想と同じです」と藤本社長は言う。

30～100kgに達するパワーローダーのアシスト力は、特定のニーズを想定して実現したものではない。労働安全衛生法に定められた自力作業20kg以下という制限下における重作業の効率化、20kgにも及ぶ防護服の着用が義務化される災害復旧作業の迅速化から、介護作業のベッド移動まで、あらゆる用途、ニーズに応えるポテンシャルを秘めている。

パワーローダーのアーム部。軽量化を追及したデザインが独特の機能美を放つ。



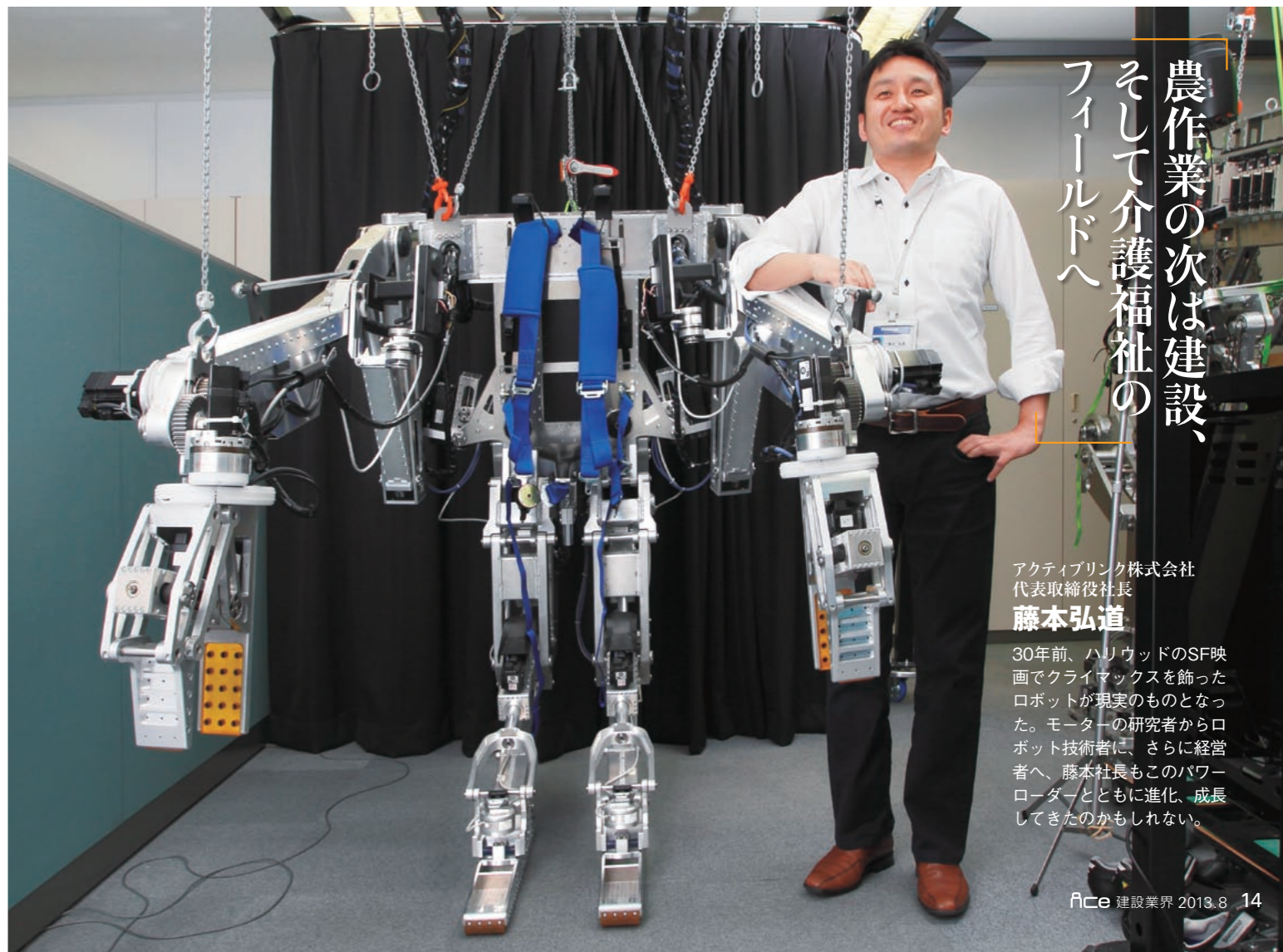
アクティブリックの社内はオフィスというより工学研究室、撮影スタジオの様相を呈している。「ロボットをやりたい」若いスタッフ達が昼夜を問わずセンサー、モーター、鋼材と格闘する。

健康長寿大国

農作業の次は建設、 そして介護福祉の フィールドへ

アクティブリック株式会社
代表取締役社長
藤本弘道

30年前、ハリウッドのSF映画でクライマックスを飾ったロボットが現実のものとなった。モーターの研究者からロボット技術者に、さらに経営者へ、藤本社長もこのパワーローダーとともに進化、成長してきたのかもしれない。





世界に誇れる

ドエラー、身を削るような努力の賜物だ。しかし、完成形は無いのかもしれない。現時点での「最先端の技術」は幅広い分野と手を携え、次世代に受け継がれながらイノベーションを繰り返していく。

この夏、世界的所有権機構（WIPO）が発表した国別の「技術革新力」で日本は二位にランクされた。昨年より三つ順位を上げたが、アジア圏内では香港（七位）、シンガポール（八位）、韓国（二八位）の後塵を拝した。この順位に拘泥する必要はないだろう。「世界に誇れる日本の品質」を探る過程で、日本の総合力、オールジャパン体制の一端に触れ、その力強さを実感することができたからだ。

技術は守らなければならない、しかし抱え込んでいるだけでは進化が止まってしまう。「世界」を見据えた行政、業界、学術分野を横断する日本独自の開発研究スキームが確立されようとしている。ジヤパンブランドの技術が我が国の成長、発展のエンジンになっていることは間違いない。

ジヤパンブランドの技術



サガハイマットの工藤センター長は今後の課題として医療ネットワークの形成と、人材の育成、確保をあげた。「事前の精密な検査と治療後のケア体制の確立があつてこそ重粒子線がん治療。臓器別の専門医や全国のがん診療施設との連携が最大のテーマです」。さらに人的な体制整備の必要性を説く。「重粒子線治療の有効性、重要性を広く伝え、次世代の人材育成にも取り組んでいきたい」と語る。重粒子線治療の正しい認知を促すため講演や会議に積極的に足を運んでいる。

「当社は開発のプロセスや技術情報をオープンにする『劇場型技術開発』を標榜しています。我々が創造した機構が納入先でさらに進化する。これが技術革新の理想形なんです」と話すのはアクティブリンクの藤本社長だ。同社ではパワーローダーを購入した研究者が一定の期間内に研究成果を公開した際に助成金を付与する助成プログラムを設定。その金額は購入額の半分という気前のよさだ。

「技術」とは、無数のトライアン