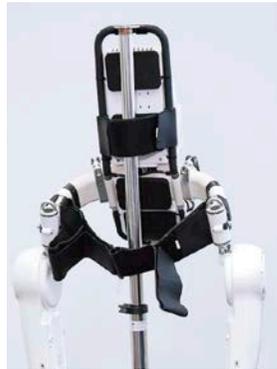


新世紀を 切り拓く



特別インタビュー 山海 嘉之氏

CYBERDYNE 株式会社 代表取締役社長／CEO
筑波大学 システム情報系 教授



「サイバニクス」で人や社会が抱える課題解決に取り組む



茨城県つくば市にあるCYBERDYNE株式会社は、世界初の装着型サイボーグ・HAL® (Hybrid Assistive Limb®) の開発を始め、技術革新によって超高齢社会が直面するさまざまな社会課題の解決に取り組む筑波大学発のスタートアップである。創業者であり代表取締役社長、CEOを務める山海嘉之氏は、人・AIロボット・情報系を融合複合した新領域「サイバニクス」を駆使しながら、人と社会の課題解決の出口に見据え、幅広い視野であるべき未来を創るための事業推進に注力している。

本インタビューでは、CYBERDYNE株式会社におけるこれまでの取り組みをひもときながら、企業がイノベーションによって社会の抱える複合課題を解決し、事業化するために必要なことについて、山海嘉之社長に話を伺った。
(以下、山海社長談)

聞き手：
21世紀政策研究所
吉村 隆・青野 耕太

21世紀政策研究所紹介

21世紀政策研究所は、「開かれたシンクタンク」として国内外の課題に挑戦しています。

昨今の気候変動、地政学的構造変化、デジタル革新の潮流は、長く続いたグローバル化の中で、国家の在り方、企業の在り方、人々の在り方を、急激に変容させつつあります。これらは様々な規模で分断や紛争を生じさせ、我々の生活にも影響をもたらしています。

このような中、21世紀政策研究所では国際情勢をインテリジェンスする上で大切な各国・各地域の政治、経済、外交、法律、金融、通商、また環境・資源、産業・技術、哲学・リベラルアーツなど様々な分野の研究を行っています。

先を見通すことが難しい状況下、多くの企業が変化する時代への対応に苦慮する中で、今回は自ら未来を切り拓かんと果敢に挑戦する企業・人への取材を通じて、その考えや取り組みをお聞きするものです。

筑波大学教授・サイバニクス研究センター
研究統括・未来社会工学開発研究センター／F-MIRAI センター長
CYBERDYNE 株式会社 代表取締役社長／CEO
内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) プログラムディレクター

山海 嘉之

1987年筑波大学大学院修了。工学博士。筑波大学機能工学系講師、助教授、米国Baylor医科大学客員教授、筑波大学機能工学系教授を経て、現在、筑波大学システム情報系教授、サイバニクス研究センター研究統括、未来社会工学開発研究センター/F-MIRAIセンター長、CYBERDYNE (株) 代表取締役社長/CEO、内閣府SIP「人協調型ロボティクス」PD。世界初の装着型サイボーグ「HAL」を研究開発した功績で知られる。スウェーデン王立工学アカデミー国際フェロー、日本ロボット学会フェロー、計測自動制御学会フェロー。世界テクノロジー賞、Edison Award金賞、内閣総理大臣賞、紫綬褒章(新学術領域「サイバニクス」の創生と装着型サイボーグ分野の確立)など受賞歴多数。



サイバニクスを駆使した 科学技術の力で 社会全体を健康に

人の身体機能を改善する 装着型サイボーグ・HAL®

人間は、生まれて成長し、大人になって歳をとるにつれ、神経系や筋骨格系といった身体機能が徐々に低下していきます。CYBERDYNEでは、人・AIロボット・情報系を融合複合した「サイバニクス」という最先端の科学技術を駆使し、超高齢社会が直面する様々な問題を抱える方々（患者、高齢者、要介護者、障がいをもつ方など）を対象として、人や社会のための課題解決に取り組んでいます。

CYBERDYNEが開発した、サイバニクス技術の代表的な成果の一つであるHAL® (Hybrid Assistive Limb®) は、身体機能を改善・補助・拡張・再生する世界初の装着型サイボーグです。従来、治療法が無いとされてきた進行性の神経筋難病に対して、HALによるサイバニクス治療には公的医療保険が適用されます*1。

ここでHALの仕組みを簡単に説明いたします。人が体を動かそうとする運動の意思は、脳で作られています。脳で発生した

目指すべきは、自立した

日常生活を支援できる科学技術

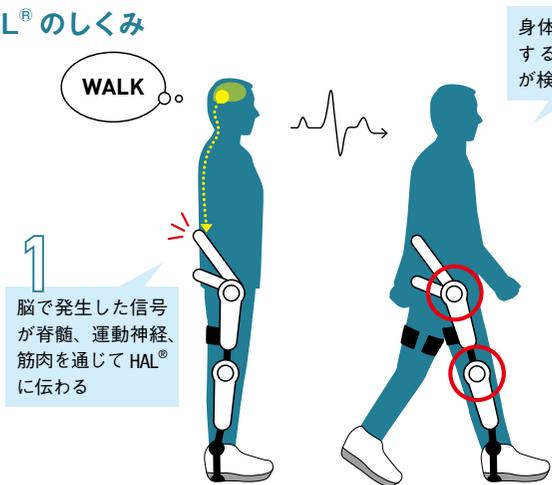
になったりします。お年を召した方が転倒してしまったり、大腿骨を骨折して寝たきりになってしまったりという悪循環が起こるケースが少なくありません。要介護状態になる人の約半数は、ロコモティブシンドローム（ロコモ）*4が原因です。

実際には転倒しやすくなっている状態であるにもかかわらず、大丈夫だろうと思っただけで歩行した結果、転倒し、要介護状態になってしまったりというのが現状です。そのような状態でも、自立生活が可能な状態に戻すためにHALを活用することもできますが、重要なのは、そうならないよう日常的に自立度を高める状態を作ることです。例えば1日20分程度、HAL腰タイプを装着し、体幹機能や立ち座り機能を向上させる機能改善の取り組みを日常化し、健康な自立生活をしていくという方法もあります*5。

私たちは近年、バイオ・医療系とAI・ロボット・情報系を融合複合した「HCP融合サイバニクス(HCPS:Human-Cyber-Physical-Space)」という新領域開拓に挑戦

身体を動かそうとする意思をHAL®が検出し、動く

2



HAL®のしくみ

体を動かそうとする動作意思は、脳神経系からの指令信号（微弱な生体電位信号）として、脊髄、運動神経、筋肉を通じてHALに伝わります。HALのセンサは、この動作意思を反映した生体電位信号を皮膚表面から検出し、身体に装着しているHALが、装着者の動作意思を反映した生体電位信号に従って動きます。動作と同時に、筋肉や関節などの感覚神経からの信号は、脊髄を

通じて脳へと戻っていきます。すなわちHALを装着することで、脳と身体とHALとの間で、神経系信号のループが意思と同期して、くるくると回り始めるのです*2。

もちろん疾患のある方々の身体状態や原因によって、治療効果は異なり限界はあるものの、この原理を用いることで、脳神経・筋系に問題があったり、問題を抱える部位があったりしても、意思を反映した信号さえ検出できればHALが動きはじめ、人とHALとの間で、機能を改善するためのループを構成することが可能となります。この脳神経系からの信号を取り出す際、疾患などによって信号がまばらだったり欠落したりしていても、HALの高度な信号処理システムによって、信号を適切に増幅させたり補完したりすることで、装着者（患者さん等）の意思に従った動作を実現することができま

す。このようにHALは、脳からの信号と連動して自分の筋肉の代わりに動いて動き、身につけるだけで脳と身体が同期する構造を創り出します。人とロボットを機能的に融合・一体化させることができる、世界初の非侵襲の「サイボーグ化」装置なのです。

高齢になると、フレイル*3によって足が上がりにくくなったり、立ち座りが困難ではなく施設・家庭・職場でも、日常的に活用できるようになります。

病院での医療用HALによるサイバニクス治療や、自宅や施設での自立支援HAL腰タイプによって自立度を向上させ、かつ小型のバイタルセンサなどによって生理状態や運動機能を見守りながら身体機能を向上させれば、安心して自分の力で歩き、健康に生きていけるようになります。その結果、公的費用の支出が激減し、社会全体も健康になっていくでしょう。これを実現さ

1 現在日本では、SMA（脊髄性筋萎縮症）、CMT（シャルコマリートウース）、ALS（筋萎縮性側索硬化症）、MD（筋ジストロフィー）などに加え、HAM（HTLV-1ウイルス感染による脊髄症）などにも適用拡大され10疾患の難病に対してサイバニクス治療が行われている。ドイツでは、脊髄損傷に対して公的労災保険によりサイバニクス治療が行われており、ドイツの当局（G-BA）が公的医療保険を先行適用することで国際的に共通の治療プロトコル（手順）が実施されることになり、ドイツの公的医療保険適用に向けて2025年から追加データの集積が始まる。医療用HALについては、現在、世界では20カ国でサイバニクス治療を行う医療機器として医療現場で利用されている。

2 神経と神経、神経と筋肉の間の神経の繋がりが（シナプス結合）が強化・調整される「IBF（インタラクティブ・バイオフィードバック）」という原理により、脳神経・筋系の機能改善・機能再生が実現する。

3 加齢により筋力や活動が低下した状態のこと。「虚弱」「老衰」「脆弱」などを意味する「Frailty（フレイルティ）」が語源。日本老年医学会が提唱。

4 骨や関節、筋肉、神経といった運動器の障がいのため、立つ・歩くなどの移動機能が低下している状態のこと。

5 HAL腰タイプを自宅や施設で1日20分ほど利用することで、しっかりと歩行や立ち座りができるようにしていく方法。神奈川県では、歩行に不安を抱える平均年齢75歳の高齢者の方80名に対してコホート研究を行い、週2回、合計10回利用するだけで、歩行速度は約36%、歩行能力指数は約2倍になったことが国際論文で発表された。

せるのも、科学技術の一つの力ではないでしょうか。

人とテクノロジーが融合複合し、健康に生きられる社会に

HALは、脳から身体に流れていく神経系の信号、重心移動や姿勢などがどうなっているか、装着中の患者さんの状態をウォッチし続けています。初期の段階から世界展開を想定し、HALをはじめとする当社のすべての製品には、通信機能が搭載されており。現在では、ヨーロッパ、アメリカ、アジア、中東を含む全地域からデータ共有できる状況となっています。コロナ禍で病院に向けない時期には、むしろクラウド化を加速・完了させることができたため、患者さんや医師が、クラウド上に上がったデータを共有して見られる仕組みも出来あがり。これにより、人間の体内にある脳神経系・身体系の情報からクラウドを介して膨大なヒューマンビッグデータを集積・解析・AI処理するスーパーコンピュータの情報までを一つの塊として繋いでいくことで、人間の貴重な資産として活用することが可能となります。

CYBERDYNEでは上記のように、予防・早期発見、治療、再発予防・機能向上、健康管理といった医療と非医療をシームレスに繋ぎ、人や社会のために活かせる技術を生み出しているのです。

子どもの頃に学ぶ「理科」という科目には、生物や物理、化学、地学など科学技術全般の領域が集約されていますが、高校になると物理や生物、化学といった各科目に分かれます。大学や大学院になるとさらに細分化され、各分野の専門家となっていきます。そうなった段階で社会のために何かしようとしても、自身の単一の領域からでは、社会の抱える複合課題を解決できないという壁に突き当たってしまいます。

こうしたことに対する問題意識から、人や社会の複合課題を扱える新領域「サイバニクス・人・AIロボット・情報系の融合複合」*の开拓には、若い頃から熱い思いを抱いてきました。実はこの新領域の構想や青写真は、大学教員になる前から練り始めました。大学教授としてサイバニクスという新領域を開拓しながら、未来開拓を担う人材育成に励んでいる現在も、当時描いたシナリオの上で活動を続けています。



ムレスに繋ぎ、人や社会のために活かせる技術を生み出しているのです。

システマ的な観点で、サイバニクスの代表的技術であるHALの方法論を捉え直すことで、社会のシステムをどうするかという議論にも拡張できる可能性があります。こういったことも、非常に興味深いことだと思います。

単一の領域からでは、社会の抱える複合課題を解決できない

よう、退職まで数年控えた重鎮の先生方7名と共に構想をまとめ、文部科学省に概算要求書を提出し、90年代初頭、まず「システム」を扱う領域の学類(学部)、大学院を立ち上げました。

そこでは、現在のサイバニクスの基礎となる科目・授業を一から創っていきました。一方で「人」には、細胞レベルから循環器系、神経系、骨格系、筋肉、メンタルといった幅広い領域が関わります。そのため、領域を超えて医学の先生とも連携しながら、こうした人に関わる領域とロボットやAI技術、情報系の領域が融合した領域開拓に向けて取り組みました。その結果、2007年には、文部科学省が最も強化する国際教育研究拠点形成するグローバルCOEプログラムに「サイバニクス」が採択され、この新たな分野で博士号を取得できる学位プログラムが誕生しました。

国家政策との連携

サイバニクスの博士課程創設の翌々年、

HALに関する様々な取り組みは、HALという単体の科学技術の中だけではなく、HALを軸としたサイバニクスという新領域開拓という観点で、広く捉えなければなりません。科学技術イノベーション政策の観点から見ると、科学的な基礎原理作り、研究開発、スタートアップ、臨床研究、治験、製品化、保険適用、社会実装、株式上場、新領域開拓を推進する人材育成、国際展開・国際連携などが複合的・連鎖的に作用し合うことで、イノベーションが達成されていることがわかります。このように、人とテクノロジーの融合・複合による新価値の創造は、持続可能な未来社会の実現に向けた重要な鍵となっているのです。

広い視野で社会の複合課題を解決

領域を超えて人や社会の課題に取り組む

私自身はもともと、科学技術の領域をマニアックに探究する科学少年でありつつも、人や社会が好きでした。9歳頃から科学技術に魅了され、経営者・教授になった今もなお、科学技術を創り出しながら、人や社会に喜んでもらいたいという思いで歩み続

麻生政権時に内閣府「最先端研究開発支援プログラム(FIRST)*」が始動しました。総額2700億円の研究資金が30人のトップ研究者に割り当てられ、後にノーベル賞を受賞される山中伸弥先生や田中耕一先生らと共に、私も選ばれました。

その間に、サイバニクスの博士課程の立ち上げも進みました。連携する異分野の先生方や学部生・大学院生と一緒に、FIRST 6 サイバネティクス(人工頭脳学・メカトロニクス(機械・電子工学)・インフォマティクス(情報学)を中心として、脳・神経科学、行動科学、ロボット工学、情報技術(IT)、人工知能、システム統合技術、生理学、心理学、哲学、倫理、法律、経営などの異分野を融合複合した新領域。

7 世界のトップを目指した先端的研究を推進することにより、日本の産業等分野における中長期的な強化を図るとともに、研究開発成果の社会還元を図ることを目的とした「研究者最優先」の研究支援制度。また経団連は本制度の創設について民間からの立場で提言を行った。

STでの研究開発の取り組みと大学での人材育成を並行して動かすことで、サイバニクスという最先端領域の研究開発と人材育成が一体的に推進されていきました。

今から振り返ると、FIRSTは自由度の高いプログラムではあったものの、例えば細胞培養や全身からの情報を取得するスーツなどに関し、「このテーマは時期尚早ではないか」と評価委員から指摘されることもありましたが、そのような挑戦的なテーマの一部について、実は水面下で研究活動を続けていきました。後日サイトビジットがあった際に、「表立ってではなくコツコツ続けなさいと言う意味だと解釈し、おかげさまでこまごまで達成できました」と伝えて研究成果を提示したところ、笑顔で驚かれたこともありました。

その後、後継プログラムの内閣府「革新的研究開発推進プログラム（IMPACT）^{※9}」にも採択されました。終了時には「DARPA^{※10}（Defense Advanced Research Projects Agency）を凌ぐスーパーPM（プログラムマネージャー）である」とマネジメント能力が評価され、S評価を得ることができました。日本の公的研究資金の公募の特徴ではありますが、IMPACTでは、FIRSTとは研究テーマを多少変え

る必要があります。取り組む内容の基本軸は変えず、最先端研究開発の成果を示すことが求められたFIRSTに対しては、FIRSTに合致した出口となるような全体を設計し、ハイリスク・ハイインパクトな社会課題の解決に挑戦することが求められたIMPACTに対しては、IMPACTに合致した出口となるような全体を設計するなど、各プログラムの目的に叶った出口となるような取り組みを実施しました。こう

して、HALという新たな科学技術が誕生し、臨床評価・国際規格の策定・医療機器化・保険適用・国際展開の達成などを実現し、高い評価を得ることができたのです。

IMPACTと同時期に「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP^{※10}・エスアイピー）」という、府省庁連携によってイノベーション創出を目指す1期5年の内閣府事業が開始し、現在も第3期が動いています。SIP第3期では、私はサイバニクスをコア技術とした「人」＋「サイバー・フィジカル空間」が融合複合した「HCPs融合人協調ロボティクス」をテーマとするプログラムディレクターとして採択されました。関係省庁や関係事業者と共に戦略的なイノベーション創出を目指し、技術づくりだけでなく事業づくり、持続的・発展的経済サイクルが成り立つ事業モ

「POC貧乏」が日本中に増えるような状況につながってしまいます。持続的・発展的な経済サイクルが一周、二周、三周と動くところまで取り組んでこそ、ようやく社会課題を科学技術の力で解決する社会実装の入口に立ったと言えるでしょう。SIP第3期では、それをやり抜くことまでを見据え、取り組んでいるところです。

文理を超えたイノベーション

社会の複合課題に取り組む際には、今までと全く違う方法すら発想することも必要です。例えばCYBERDYNEは、無議決権株式で上場前の資金調達をしましたが、東京証券取引所では無議決権株式での上場は困難と言われました。交渉を重ねたところ、東証の有価証券上場規程が改正され、複数議決権株式の会社でも上場できるようになりました。さらに東証と交渉し、普通株式に加え、単元株式数が普通株式の10分の1で、結果的に10倍の議決権を持つB種類株式を発行し、日本初の複数議決権を発

行する企業として株式上場^{※11}しました。その結果、新たな上場手法による資本政策の選択肢を拡大する取り組みが評価され、トムソン・ロイター社の2013年度「IPO of the Year」を受賞しました。

なぜ普通株式の議決権を10分の1にしたかという点、HALなどのサイバニクス技術を平和利用し続けられるようにするために、会社が置かれた状況が変化した場合でも、簡単に海外に買収される企業であっても、簡単に海外に買収される企業であってはならないからです。また、会社の役割や位置づけを定款に明記しサンセット条項も設けて、東証の了承なしに、私自身が勝手に株式を売ることもできないような仕組みを構築しています。

上場の翌年には、市場からの新たな資金調達手段として、既存株主の機関投資家の方がリスクをあまり負わなくて済むような方法も考えました。日本の東証の営業が終了し、欧州と米国の株式市場が動き始めた時間帯に、次のような海外からの資金調達を進めました。すなわち、ある条件を満た

デルの発明、府省庁連携、新領域開拓を推進する人材育成、関連業界との連携推進、協会・協議会の整備、国際連携などに取り組んでいます。

こうした国プロでは、一般的には、社会課題を解決する取り組みを推進させ、POC（Proof of Concept：概念実証）が主な出口として据えられており、社会実装の手前までの「寸止めルール」のような仕組みとなっていていきます。そもそも、社会課題を解決する取り組みは、政府・自治体が税金を使って解決を図ってきた領域ですが、社会の動きが激しい中、最近では、官民が一体的にその隙間を補って次の時代を支えようとしています。ただ、この「寸止めルール」のような仕組みですと、持続的経済サイクルを発明して実際にこのサイクルが動く仕組みを形成できるところまで開拓しないと、熱意ある挑戦者たちの取り組みが結実せず、



せば資金を株式と交換し、満たせなければ資金は全て返却するという仕組みで、海外からの資金調達を進めました。国際的に活動している銀行にいったん全ての株を所有してもらい、株式市場で約束したことを期限内に全てクリアすることで資金を手にする方式です。革新的な資金調達の方法を発明した結果、トムソン・ロイター社から「Innovative Equity Deal of the Year」を受賞しました。

8 政府の科学技術・イノベーション政策の司令塔である総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）が、ハイリスク・ハイインパクトな研究開発を促進し、持続的な発展性のあるイノベーションシステムの実現を目指したプログラム。

9 米国防総省国防高等研究計画局・インターネットやGPSの開発で知られる部局。

10 CSTIによる府省の枠や旧来の分野を超えたマネジメントで、科学技術イノベーションを実現するために創設された国家プロジェクト。

11 CYBERDYNEでは、普通株式に加え、それとは異なる種類のB種類株式を発行している。剰余金の配当および残余財産の分配については同一の権利を有するが、普通株式の単元株式数が100株なのに対し、B種類株式の単元株式数は、その10分の1の10株としている。その結果、B種類株式を保有する株主が有する議決権の数は、同数の普通株式を有する株主と比較し、10倍となる。

イノベーションは

理系の専売特許ではない

2年連続の受賞は初めてのことですが、発明は理系の専売特許ではありません。証券の発明やお金の発明も発明です。文理を超えたイノベーションは常にありうる、いえ、あり続けるべきだと思います。

医療・非医療を シームレスにつなげる

CYBERDYNEでは、医療領域で研究開発を進めて医療機器にした後、非医療用のバージョンも作って、医療と非医療をシームレスにつなげるという取り組みを進めています。HALによって患者さんの身体機能を改善させるには、医療機器の承認を取得し、医療の現場で実際に使えるようにしなければなりません。人の身体機能を改善させる「治療」は「医療」であり、患者さんの状態や状態変化を把握する「診断」も「医療」です。しかし、予防や早期発見、再発防止や福祉・介護などの病院外の日常という世界は「非医療」とされています。ある人が「患者」と

ルールがなければ ルールを作る

これを病名ごとに全て実施しなければならぬのです。

そもそも、HALのように人の体にロボットが密着して機能するようなデバイスは、医療機器として承認を得ようとしても臨床研究を始めた時代には規制当局の側でも前例がなく、カテゴリーのない新医療機器となるため申請すらできませんでした。当初は相談窓口さえなかったもので、簡単に数ヶ月〜1年が経過してしまうわけです。

そこで私は臨床研究の取り組みと並行して、HALの社会実装のために、国際標準化機構(ISO: International Organization for Standardization)に入りました。最初はオペレーターと呼ばれたところからスタートしましたが、その後、委員になりました。最終的には、人の生活を支援するロボット領域や医療用ロボット領域におけるエキスパートメンバーとして、規制当局や認証機関が参照する国際ルールを策定する立場になりました。私だけでなく会社や大学の若手もメンバーに含め、国際標準化活動を推進できる人材育成にも取り組みました。

従来の工業用のロボットは主に工場の中で使われていたため、ISOでは、フェンスを張るなどして人とロボットとの領域を分けなければならぬといった、使用時のルールが定められていました。しかしこの

呼ばれたり呼ばれなかったりするの、「医療」なのか否かが線引きになっていますが、日常生活を過ごしながら病院並みのことができるようにするには、医療と非医療とがシームレスにつながっていなければならないのです。

そこでCYBERDYNEでは、1回の充電で24時間、毎日、連続で10〜14日間、心電図、体温、活動量(身体の加速度、速度、角度変化等の日常活動の動作情報)、呼吸状態(オキシゲン)等を計測し続けることができる小型のバイタルセンサーCyvius®シリーズ(サイビス®: Cybernic Vital Sensor)を開発してきました。その一部の機能を利用して開発した医療機器バージョンのCyviusは、2024年11月にホルター心電計として医療機器認証を取得しました。循環器系の異常(期外収縮などの不整脈や心房細動など)の早期発見や診断支援、さらに今後は、つまずきやふらつきなどの検出等が、日常生活の中で可能となっていくでしょう。



ルールがある限り、ロボットを人体に装着する技術は実現できません。私はもともと人工臓器も研究しており、人体内部に侵襲的に入れ込むテクノロジーの知見があったため、体に密着するだけの装着であれば侵襲的な技術よりはハードルが低いだろうと考えました。使用するモーターの出力の上限値を定め、万が一、人に意図しない力がかかった場合でも一定の安全性を担保することや、「装着型」「搭乗型」などロボットの類型を整理し、リスクマネジメントの方法論を整備することによって、世界に見える形でドラフトを作成することができました。いったん国際規格が発行されると、認証機関にそれを参照してもらうことで許可が得られる段階となり、HALは生活支援ロボットとして、世界初の国際規格を取得しました。ルールがなければルールを作る、ということでしょう。

海外での実績を示し法改正へ

日本で難病の治療を進めると並行して、海外での実証も進めていきました。初めはEU全域で、世界初のロボット治療機器として医療機器認証を取得しました。

ドイツでは、臨床研究を始めた初期段階で以後のプロセスを国が引き取り、公的労災保険機構の協力のもと、HALを

ルールを作る側への参画

HALの医療機器化・保険適用の達成に至る道においては、HALのようなテック系の技術にも薬と同じような治療効果があることを示すため、臨床研究も次々と実施してきました。「たまたま改善したのではない」ことを示すため、「ランダム化比較試験(RCT: randomized controlled trial)^{※12}」^{※11}とあって、世界で最も厳しいオフィシャルな臨床評価として確立されている治療にも取り組みました。関連領域の医師・医療従事者の協力のもと、難病指定されている進行性の神経筋難病という、治療方法が世界にまだないとされている疾患を対象に治療を実施したところ、HALの有効性(治療効果)と安全性を示す素晴らしい結果が出ました。

治療効果を医療統計学的に示す結果をまとめ、厚生労働省にHALの保険適用を申請した結果、筋萎縮性側索硬化症(ALS)や筋ジストロフィーなど8つの神経筋難病疾患に対して、公的医療保険が100%使えるようになりました。

振り返ってみると、そこに至るまでには、当初予定していたより3倍もの期間がかかりました。神経筋難病疾患の臨床研究から治療が終わるまでは10年ほど要しましたが、

用いた治療に1回につき500ユーロの保険を付けてくれました。60回分を治療パッケージにするので、一人の患者さんに対して約500万円もの治療費が充てられる保険となっています。

ドイツではおよそ10年間、脊髄損傷に対してHALによるサイバニクス治療が、公的労災保険の適用によって行われていますが、この間の臨床データを調べてきたドイツ当局から、当局側で予算を出すのでICH-GCP^{※13}プロトコルで追加のデータを取らせてほしいという提案がありました。もちろん大賛成です。国際的に利用可能な臨床データ取得に関する全費用を、ドイツ当局が医療保険を先行適用して負担してくれるのです。なぜそこまでしてくれるのかをドイツ側の担当者に聞いたところ、「ドイツ国民のためだから」という明快で当たり前前の答えが返ってきました。これに

12 被験者を無作為に複数群に分け、片方の群には介入(治療・投薬)を行わず、他の群にのみ介入を行うなどして、介入後の状態を観察し、効果を比較検証する方法。

13 医薬品開発の国際化を背景に、日米EU医薬品規制調和国際会議(ICHH)において、医薬品の臨床試験成績の3極間における相互受け入れを促進するために作成されたガイドライン。

は頭が下がりました。国際的・戦略的な科学技術イノベーション・新産業創出の観点から、是非とも我が国にも期待したいところです。

これまでドイツでの社会実装を進めてきましたが、ある時、日本の官邸から、なぜドイツからスタートするのか問い合わせがありました。政府省庁側、官邸側、業界側からのヒアリングに対し、丁寧に状況や課題等を説明したところ、薬の承認のための法律である「薬事法」に機械の「機」が入りこみ、「薬機法」へと変わりました。HALのような薬と同じように治療効果のあるデバイスの登場も、法律改正に一役買うことができたと思います。

世界各国において、脊髄損傷や神経筋難病や脳卒中などの疾患に対する医療機器としての承認はかなり進んできていますが、日本の状況はというと、難病は承認がおりているものの、脊髄損傷や脳卒中はまだまだ未承認となっています。医療用のHALは、運用方法も含め安全性が高く、治療原理が共通です。他国ですでに承認されているとしても、当局が承認の判断をするためには、科学的にどのような効果があり、何が重要かを明らかにするプロセスというより、あくまで決められた評価項目に沿って評価する儀式のようなプロセスが重視されて

日本では、戦後の混乱期の何とかしなければならぬという時代背景によって、後に世界的企業となるさまざまな会社が発展しました。しかし、挑戦に伴うリスクを避けて定常的な経営が縦割りの手順で儀式化していくと、イノベーションからは距離が開いてしまうでしょう。

多くの社会課題の案件は、複合的な要因をもっています。科学技術イノベーション政策を立てても、縦割りの省庁で分解されてしまうと、その分解された取り組みが推進者側に展開される段階では、各自の専門性に立脚した視点で動いていかざるをえなくなります。社会の複合課題を解くことが困難な背景には、こうした構造的な問題があるのです。

そこを突破するには、何を実現するのかという出口に立ったバックキャストイングの形を取ることが基本でしょう。税金を財源にするには限界があるので、目指すべき未来を描くと同時に、市場の中で持続的・発展的な経済サイクルを回していかなければなりません。

従来、社会課題の解決に向けた取り組みの多くは、パブリックセクター側が行い、そのために税金が活用されてきました。現在、社会の変化速度はとて速く、パブリックセクターの取り組みでは追いつかず、隙間

るといのが現状です。担当する当局の方々も色々知恵を出して工夫しようとしてくれますが、現状の枠組みの中では難しいこともあるようです。ドイツのように、国民にHAL治療を届けるための戦略的な政策(国費による治験推進等を大胆に実施することには難しさがあるのかもしれない)が、何とか案件ごとに適した戦略的改革を進めていただけると、世界に大きく貢献できる新産業創出へと繋がっていくのではないのでしょうか。

何が重要かということが考慮されず、安当かどうか判断としないプロセスが重視されるのは科学的ではありません。型にはまった手続き重視ではなく、個別案件として科学的妥当性・適切性を重視し、科学技術を軸に社会イノベーションを起こし、社会変革を実現していくことは、人とテクノロジーが共生する社会にとって大変重要です。

実現すべき課題に立脚したバックキャストイング

縦割り組織の構造問題

企業の経営や事業推進について考えてみましょう。とりわけ大企業の場合、役員が善管注意義務違反にならないよう取り締ま

だらけとなったところに社会課題の解決が求められています。熱い思いのある企業が社会課題の解決のために参画する際、官と民が一緒になって動くことができ、社会制度が同期しながら改革されていけば、社会イノベーションは円滑に進むことでしょう。

しかしタイムイングがずれたり、片方がなかなか始動しなかったりすると、社会変革は遅々として進まず、新産業創出や社会イノベーションはいつまでたっても実現されないでしょう。科学技術イノベーションと社会イノベーションは表裏一体です。スタートアップ企業や熱い思いの企業が、大企業が推進しにくい新領域開拓やイノベーション推進に思う存分挑戦できるような、革新的技術開発、事業モデル・経済サイクルの発明、制度改革、社会実装、未来開拓型人材の育成、国際連携・展開などを一体的に進めていく大胆な取り組みが求められています。分業型・縦割り型で推進するのではなく、バックキャストイングしながら全体を一体的に扱



るのも仕事です。一歩踏み出して何かしようとした際に、善管注意義務違反にならないようリスクを避けるために、役員会ではゴーサインは出しにくくなっています。よほど強権を発動して推進できる人がいればある程度は実現できるでしょうが、手探りの挑戦的な取り組みを実現するのは難しいのではないのでしょうか。

える人・組織を軸に、一日も早く取り組んでいくべきでしょう。

科学技術を受容できる社会システムが必要

例えばGoogleでは、非常にきれいな衛星画像を見ることが出来ます。彼らが画像を使うには、NASAの衛星や諜報機関にも画像を提供している衛星などが必要となりますが、それを政府が使わせているというのは大きいことです。ここには、軍事技術も活用しながら一気に世界企業として育てていくという米国の国家戦略が関わっています。元々ベンチャー企業だったOracleは、国防総省との契約や技術採用によって急速に成長し、世界的な企業となりました。Appleは、非常に小さい組織からスタートしましたが、様々な発明・研究開発・事業化を繰り返しながら成長し、さらに国防総省の高等研究計画局であるDARPAが資金提供したプロジェクトの成果物であるSirius社を買収し、自社製

出口に立った

バックキャストイングが基本

品のコア機能へと組み込みました。

このように国が後ろで動くことで、スタートアップという組織を世界企業に仕上げていくケースは多々あります。本来何をやるにしても、このように世界戦略とセツトで見えていかなければなりません。日本にはそのような戦略が不足していると感じています。

日本では、税金という色のつかないお金が集まった後、財務省を通過して各省庁の予算に切り替えられた段階で、各予算を研究に使用する際に、予算を受けたことが開示される構造になっています。各省庁ごとの目的や政策に沿って研究開発予算が配分される仕組みなので、世界戦略・国家戦略で社会課題の解決には繋がりにくい仕組みになっていくように感じます。一つの例ですが、AMED（国立研究開発法人 日本医療研究開発機構）のように、予算が集まる別の形を一つ作れば、進みやよくなる可能性はあります。しかし、AMEDに集めた予算が、結局は元の省庁の分野やテーマと紐付いている場合には、戦略的な取り組みが難しい場合もあるかと思えます。

経産省系の組織や文科省系の組織などが複数絡んでいる場合であっても、AMEDは基本的にはメディカルの領域にしか予算を出すことができないと決まっております、

教授と学生は一緒になって、重箱の隅をつついて早く論文を書けるテーマを探します。この結果、薄口の研究が増えていくのです。

大学教員として取り組むべきは、チャレンジャーをどう育成するかです。それを自ら示していかなければなりません。何かしらの社会変革が顕在化している時、多くの場合は、若いうちから取り組み続けてきた人が、周りを動かせる年齢になった時に、ぐっとその取り組みを加速させています。つまり、若いうちからある程度の年齢になるまでやり抜ける人たちが必要なのです。自由に取り組める環境を作っておくだけで、やれる人は勝手にやっています。こうしたことが、社会変革の実現につながっていくでしょう。

会社経営の仕組みにおける問題点

大企業の中にも、活きのいい若手や中堅クラスの人たちは当然います。トップの経営者は、そうした人たちに自由に伸び伸びやってみてもらいたいです。しかし、実際に取り組み始めた際、例えば法務部の目を通した書類を渡され、取り組みの帰属先や他組織をどこまで巻き込むべきかの規程といった制限に直面する可能性があります。法務部としては、法的なリスクを避けるた

レーゾンとなるような領域ごとの隙間を埋める予算にはなりません。あるいは、複数の省庁で取り組み内容が重なることが指摘されると、社会から批判的な議論の対象にされてしまうのです。また、これは組織の問題ではありませんが、選定される個別案件を審査・調整・評価する有識者については、柔軟で大胆な発想をする方がいないと良い挑戦へとは繋がりにくいかもしれません。

科学技術は、全てがつながった時に社会の中で威力を発揮します。ところがこのような状況だと、どれだけ予算を投入しても、既にある技術を社会に実装することはできません。社会システムがその技術をちゃんと受容できる枠組みでないと、技術は社会実装できないのです。それは保険制度や許認可などにも言えることです。許認可を取るための臨床試験や治験を終え、保険適用にまで取り組むと、簡単に10年もの歳月がかかります。そのような時間がかかる困難なことに取り組む企業は、まずありません。このような難局を突破できる仕組みの整備も重要です。

自由な取り組みを続けられる環境作り

ポイントとなるのは、世界戦略を描き、

自由に取り組める

環境を作ることが重要

めに当然の対応でしょうが、こうした状況では自由な取り組みが進めにくいのではないのでしょうか。

また会社経営の仕組み上、経営陣のビジョンを部長レベルにまで浸透させていない場合にも問題が生じるでしょう。そのような状態の中で、若手の業務管理を上司にあたる部門のボスといった人たちに任せてしまうと、社内で新たなスタートアップを作ろうとする動きがあったとしてもつぶしかねません。

企業が本気でイノベーションを起こす組織づくりをしたければ、経営陣が担当者と一体感をもって具体的に取り組み内容を確認しながら、解決策まで共有しておくぐらいの気持ちで対応しなければならぬでしょう。

新領域を社会実装する 未来開拓型人材の育成

CYBERDYNEは、新領域の革新技術を駆使し、現実のものとして社会に出し

科学技術を育成し、官民が一緒になって社会課題の解決に挑戦し続ける構造を、この国が持ち続けられるかということです。ここ数十年かけて、経済界の中で企業のあり方が変わってしまったように見えます。あの時から、SOX¹⁴などを含め、企業とはどういうものか再定義する時代が訪れ、とりわけ上場企業において、株式会社は株主のものとして捉えられるようになりました。その結果、株主側からの相当な意見を反映し、大企業の多くは、お金を生まない中央研究所を失ってしまいました。かつては手探りの挑戦を許容しながら、その企業独自の価値を追求できていた企業の中央研究所がほとんど消え、大企業からイノベーションを生みだし、育てる力が弱くなってきていると感じます。

大学では、こだわりを持った先生がコツコツと基礎研究を長く続けているのも確かです。一方、研究室に所属する大学院生たちは、既存の研究と重ならない新しいテーマを探し、修士課程なら2年間、博士課程なら3年間で、それぞれの研究成果を提出して修了していきます。研究テーマが3年では終わらないテーマとなってしまうと、博士号を取得できません。骨太の研究に取り組んだら、若手研究者として論文を出すことができないため、



続けていけるエンジンの役割と、未来開拓型人材を育成する役割を果たしています。手探りで未開拓の領域を開拓する博士課程の学生は、通常どこに就職するでしょうか。多くの企業は最先端の領域には取り組んでいません。また、大学や研究所に勤めたとしても、そこには別の上司がおり、これまでとは別の取り組みを新たにスタートしなければなりません。こうして、こつこつと積み上げていった大切な取り組みも途中で立ち消えになってしまふのが、今の日本の人材育成における問題点です。どれだけ人材を育成しても、取り組んでいる研究成果を現実のものにすべく仕上げていくことが非常に難しい構造なのです。

新領域に取り組む続けるという決意のもと、スタートアップを立ち上げる人たちも若干存在しますが、そうした人たちは「生

14 投資家保護のため米国で2002年に制定されたSOX法。日本版はJ-SOX法。



まれにいく、育ちにいく、壊れやすい」のです。誰が彼らをサポートするのかという課題もあるでしょう。

人や社会を第一に、領域を超えた連携を

人や社会を第一に考えれば
自ずと課題は見える

日本では明治維新以降、学習能力の早いフォロワー型の人材を作り続けてきました。この30〜40年間は、センター入試を突破できるような人材を作ってきたと言っても過言ではないでしょう。非常に面白いのは、日本では先の戦争を含め、非常に難しい状況に度々直面し、どうしようもなくなった状況下では、結局そうしたフォロワー型の人材が次の道筋を作ってきました。江戸時代から明治時代が変わる際も同様です。

一方で現代は、そうしたポイントごとの変革期ではなく、日常が変革の連続です。ミスなく早く学習でき、早く模倣ができれば、二番手としては素晴らしいですが、フロントに立った時は「何をすべきか」を描かなければなりません。二番手としていつも何かを模倣し

取り組むべき課題は 目の前に存在する

CYBERDYNEでは、博士号を取得した人たちの多くがプロジェクトリーダーとして領域開拓に取り組み、製品化をどんどん成功させています。これは一つのエコサイクルと言えないでしょうか。本来であれば、領域開拓できる人材がいれば、一気にそこを強化し、世界に通用する、あるいは世界の中で突出した推進力をもった組織にまで育てていく必要があります。

しかし、日本の現状は違います。一つの領域が出来上がると、類似構造をもった領域を派生させ、そうした取り組みの成果が一部入り込んだ教育プログラムを日本中で採択させるといふ構造を作ります。採択したものが5年、7年で終了してしまうのは非常にもったいないことです。いったん取り組みが歩き始めたら、社会がちゃんと成功に導いて育てていかなければなりません。皆さん、温かく応援はしてくれて、それだけで推進力・原動力にはなるものの、本当の応援というのは、教育研究拠点の整備などを政策的に推進する社会の側が自分事としてそこに一緒に加わることなのだろうと思います。スクラムを組んで歩んでいった時に初めて、相互に応援しあう仲間ができるのです。

CYBERDYNE創設にあたり、こう

ながら後を付いていくのでは、そうした発想は生まれません。

倫理観や社会観、人間観を含めた「人間力」を軸にして、人や社会を一番に考えられる人を育てなければなりません。人が喜んでくれることや社会的な価値を自ら見いだせるようになることが重要です。

「課題発見能力」という言葉がありますが、発見しなければならぬような課題は、私に言わせればそれほど重要ではない課題です。重要な課題は、目の前にドーンと立ちただかっているのです。それは、人や社会が直面している問題です。それを解決するために何をなすべきかを明らかにする。それが「解決すべき課題」です。

人や社会を第一に考え、やるべき内容を明らかにしていける人であれば、街を歩くだけで自ずと課題が見えてくるでしょう。

領域にとらわれず 取り組むべき課題に向き合う

私自身、活動を進める中では、さまざま

した思いを頭で描いていました。連携し合う仲間づくりをしながら、とにかくやり抜いて社会を大きく変革させていくためのイノベーター的な挑戦を続ける、そういった一つのエンジンとして設立したのです。

創業当初から世界展開の構想を描き、諸外国との連携の準備を進めてきました。例えばマレーシアでは、15・7ヘクター（東京ドーム8個分）の広さを誇る「国立神経ロボット・サイバニクス・リハセンター」を建設中です。そこに、日本生まれの我々のサイバニクス技術を投入していきます。最先端の技術を導入し、アジアのCOE（センターオブエクセレンス）を作りたいというのが、マレーシア政府の意向です。私が彼らに提案したのは、技術の導入だけでなく、そうした技術を創り出していける国に変わりませんか、ということでした。そのためのサイバニクス未来開拓型人材の育成にも力を注ぎたいと、マレーシアの大臣には伝えており、とても喜んでくれています。

こうした海外の取り組みは、日本に必ず良いフィードバックがあると考えています。CYBERDYNEはリソースをフル活用しながら全方位的にそれぞれの役割が担えるよう、国内外の組織との連携・人材育成などにも最大限取り組んでいます。

な壁にぶつかってきました。何とも言えない苦しい思いの時もありますが、多くの場合、この経験が人生のスパイスになるといった程度で感覚で捉えてきました。さらに今では、さまざまな問題に直面しても、「さあ、じゃあ次はどうしよう」と、面白がつてどのように解決していくかという考えに即座に頭を切り替えています。問題を解決すべく取り組んで



いると、さらに次の問題に直面するので、さらに解決するために発想しながら突破していく。その繰り返しです。

私は、高校生や大学生、大学院生、若手や企業の方に、バックキャストイングについてこういう説明をします。単に目の前に見えている課題の解決に取り組んでいるだけだと、いつまでたっても自分が思っているような未来には到達できないですよ、と。まずは、自分が望むあるべき姿の未来を描いてください。その未来に立って、現在の自分を見る。次に、現在の自分と描いた未来を繋ぐために、何を解決しなければならぬかということをも明らかにしてください。そして、その描いた未来に到達するために、やるべきそれらの課題を解決していく。こうして、あるべき姿の未来に向けて近づいていくことになるのです。ただし、ある課題がなかなか突破できない時には、突破の方法にこだわらず、異なる方法なども自分のものとして活用して、サッと回避していくことも重要です。つまり、目標とする未来に到達するためには、回避することを含めあらゆる手法をこだわりなく活用し、到達するために解決すべき課題をクリアしていく。これが私のスタイルです。

私は、科学技術全般での課題解決にも取り組みながら、それ以外の方法も取ってきました。組織には「先生の専門分野ではないで

現のために人を惹きつける人が、そこに加わり、好循環のイノベーションを推進する役者が揃ってくる。人や社会に共感し取り組む内容を創造できること、相互に仲間として協働できることは、好循環のイノベーションへの取り組みを推進するための要件と言えるでしょう。

CYBERDYNEには、イギリスやフランスから16〜22歳くらいの学生がインターンシップに訪れています。世界はこのような状況です。こうした自国の人材を、海外の力を借りて育てようとしているとも解釈できますが、実は、こうした学生が就職先として当社を選んでくれたりもします。こうしたことは良い学びになり、ひと工夫して、ちょっと面白い取り組みを始めています。色々と楽しくなってきました。

人とテクノロジーの相互支援

イノベーションを推進していくためには、周りを巻き込んで一緒にやっていくための対人関係能力も重要です。この社会や組織に必要なのは、「ピアサポーター(Peer support)」という、相互に仲間支援ができるような発想です。ピアサポーターは、仲間支援の力を育て活用するという、カナダで生まれた心理教育ですが、日本国内でもアドバンストな小学校から大学にいたる様々

人とテクノロジーが相互に支援し合う社会を

すよね？」と言われることもありませんが、組織の専門領域ではなくても、全くこだわりません。例えば、目標達成のために、再生医療の領域の技術が必要なのであれば、再生医療も私の専門領域の一つになるだけのことです。

知識・模倣の時代から創造・共感の時代へ

知識が多く学習能力の早いフォロワータイプの人材が最も重要だった時代があり、今も、そのような人材は重要です。一方、世界の先頭に立ち、未開の領域を開拓しながら未来を開拓していこうとすると、学ぶものがないところでゼロから何かを創造するために手探りで試行錯誤を続け、結果が出にくくてもやり抜いていける人材が重要な時代にもなっています。その際、創造の源泉になるものは、人や社会が何を求めようとしているのか、何に対して喜びを感じているのか、何に対して問題を抱えているのかなどを、共感力をもって自ら捉える能力が重要となります。残念ながら我が国で

な校種で導入されています。

CYBERDYNEでは、そこにテクノロジーを取り入れ、「テクノ・ピアサポーター[®]」という言葉を作りました。人同士が仲間支援することに加え、そこにテクノロジーも入り込み、相互に支援しあう関係づくりが成り立つ社会を目指しています。

何でもかんでもテクノロジーに委ねてしまったら、テクノロジーがいつまでたっても社会に入ってきてません。ある程度の段階まできたら、今度は人がテクノロジーに歩み寄り、テクノロジーを支援し、使えるような状況を作ってあげることが必要です。そうすれば、さらに楽に使える技術に変わるかもしれません。こうやって、人とテクノロジーは一緒になって進化していくのです。

ホモ・サピエンス以前のネアンデルタール人^{※15}の段階までは、人類はカンブリア紀から遺伝子を変えながら進化し続けてきました。しかし、ホモ・サピエンスは、遺伝子を変えて進化する道を捨てた生き物といえます。その代わり、狩猟社会、農耕社会、工業社会、そして現代の情報社会と、テクノロジーの進化と共に進化してきました。つまり私たちの未来は、常にテクノロジーと共にあるのです。

次の進化として、物理空間とサイバー空間

は、創造する力、共感する力を軸とした未来開拓型の人材育成には、まだ十分な舵取りができていないように思います。

ゲームのプログラムに興味を持ち、パソコンで何かを作り始めたり、イラストやアニメを描いたりするのが好きな子どもは、従来の学校教育の中では必ずしも評価されませんでした。しかし、まさにそのような、文部科学省の教育プログラムには乗っていない人たちが創り上げた領域は確実に存在し、そのような領域で、日本は世界からリスベクトされているのです。また産業の観点からも、独特な成長を遂げていると言えるでしょう。

早い学習能力を持ち、ミスをせずきちんと処理し結果を出せる人と、描いた未来の開拓のために結果に繋がりにくいことを手探りし続けながらやり抜いていける人、この二つが両輪となった時に、イノベーションというものを実現できる基盤を持った国に変わっていくのではないのでしょうか。白いキャンバスに未来構想図を描き、その実

間とが融合したサイバーフィジカル空間を扱う技術の誕生によって、とうとう人類は「人」と「サイバーフィジカル空間」とが融合した「HCPS融合空間^{※16}」、別名「サイバニクス空間」の中で生きる生き物となったのです。

ロボット産業、IT産業に続く次の時代の新世紀を切り拓く新産業「サイバニクス産業」を創り出すため、国内外の産官学民金といった関係者と全方位的に連携し、力強く未来開拓を推進していければと思います。

15 ホモ・サピエンスとの交配もあったが後に絶滅した人類。

16 HCPS: Human-Cyber-Physical Space。「人」と「サイバー・フィジカル空間」が融合した空間のこと。

【編集】

21世紀政策研究所 事務局長 吉村隆
21世紀政策研究所 主任研究員 青野耕太

【特別協力】

筑波大学特命教授／慶應義塾大学特任教授
CYBERDYNE株式会社取締役 高原勇



21世紀政策研究所

特別インタビュー「新世紀を切り拓く」

2025年3月発行 編集/発行者 日本経済団体連合会 21世紀政策研究所

〒100-8188 東京都千代田区大手町1-3-2 ウェブサイト/<http://www.21ppi.org>