

SEMINAR REPORT

人間拡張技術による生活と業務のアップグレード



国立研究開発法人
産業技術総合研究所 フェロー
人間拡張研究センター
研究センター長
持丸 正明 氏

産業技術総合研究所（以下、産総研）の持丸です。今日は人間拡張の話をしてします。

人間拡張とは聞き慣れない言葉ですね。ヒューマンオーグメンテーションという比較的新しい研究分野がありまして、それが日本語訳されて人間拡張となっています。

オーグメンテーションという単語も聞き慣れないですね。これは例えば『ポケモン GO』のようなオーグメンテッドリアリティー（AR）が日本語で拡張現実感と訳されます。そのような感じでヒューマンオーグメンテーションを人間拡張と訳したのだと思います。

オーグメント（augment）は増強させるとか、音楽では半音上げるといった単語で、まさしく人間の能力を少しパワーアップしようということになります。

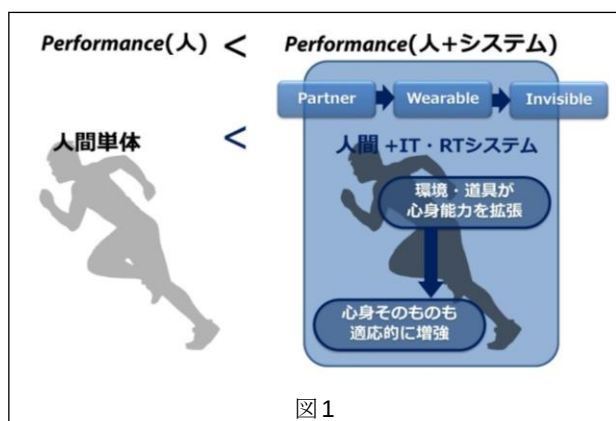


図1左は人間単体とありますが、これはただの人を表しています。この人に情報技術（IT）やロボット技術（RT）が付加されると人の能力が増強されます（図1右）。『ドラえもん』で例えると、左側がのび太君、右側がのび太君にドラえもんが付加されている状態です。のび太ドラえもんシステムというのは相当パワーアップされています。

ただ、『ドラえもん』の話の中では、のび太君はひたすら情けなくて、ドラえもんへの依存度が高まっていく感があります。それは我々としても望むところではありません。人間拡張の技術を使うことで、生身の人間がつけられて増強していくことを目指しています。

図1右のシステムの説明をしますと、まずはドラえもんのように寄り添うという感じでパートナー（Partner）というかたちがあります。そしてもう少し進んで着込むという意味でウェアラブル（Wearable）、最終的には意識しなくなるという意味で、インビジブル（Invisible）というかたちに進化します。

私の専門は人間工学です。人間工学の分野では、人間の機能というのは、体を使う“身体機能”、それから目や耳の“感覚機能”、またそれを処理する“認知分析機能”、そして“コミュニケーションする機能”の4つに分けられます（図2）。これらを増強するためには今の状態を知らなければいけませんので、それを測る機能（図2中央 基盤計測技術）が必要になります。この研究は世界中で行われていて、我々のラボでは特に人が身につけやすい、曲がったり伸びたりするセンサーを専ら開発しています。

図2左上の身体機能のパワーアップとは、一つ一つの能力をパワーアップすることを目指しています。例えば『サイボーグ009』みたいな世界ですね。

例えば、筑波大学 山海先生の『HAL®』は外骨格ロボットなのですが、我々が開発している転倒を予防するためのウェアラブルロボットはもう少し軟らかいもので、それほどパワーは出ませんが、人の筋力をうまく使いながら転倒を予防します。

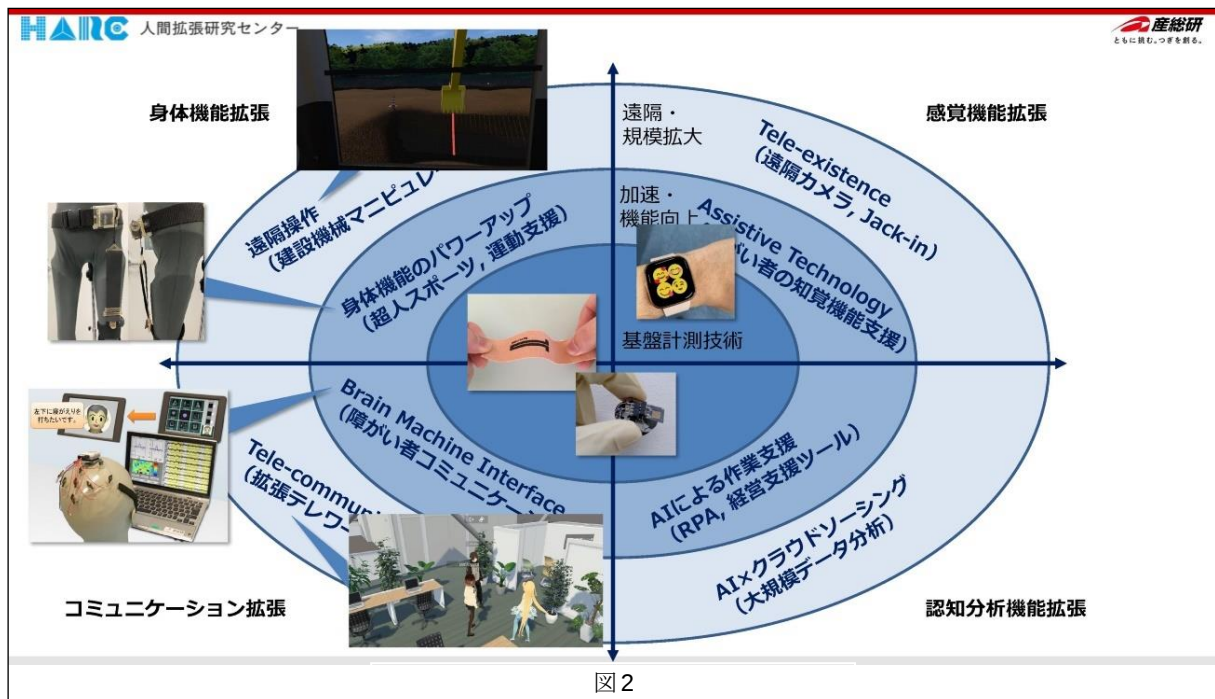
図2左下のBrain Machine Interface（障がい者コミュニケーション）は、言葉ではなく脳波を使って意思伝達するといった研究を行っています。その外側にあるTele-communication（拡張テレワーク）は、人がインターネットと直接つながって、テレワークの規模を拡大するというタイプのものです。

ここで人間拡張研究センターを建てたきっかけをお話します。少々古い話ですが、私が代表で 2015 年度から 2018 年度まで科研費という日本学術振興会の予算で、人間拡張の分野で有名な東京大学の暦本先生、稲見先生といった方々と一緒に研究を行っていました。タイトルは超人スポーツで、人の能力を拡張して、それにより新しい競技をデザインしてみようという内容でした。

最終年度にせっかくだからいろいろと作った要素技術をまとめて幾つか競技をデザインし、実践してみようということになりまして、図 3 はその中の 1 つで超人ペナルティキックというものです。青い服の人がボールを蹴ろうとしています。彼の膝のところには人工筋肉をつけています。人工筋肉というのは比較的シンプルな道具で、これはマッキベン型人工筋肉というのですが、圧縮空気を送ると人工筋肉が膨らんで丈が縮む仕組みです。

本来の圧縮空気の装置は大がかりなので、皆さんが家庭で炭酸ガスのソーダを作るときに使う炭酸ガスボンベの根元に電磁弁をつけて制御できるようにしたものを腰のところに装着しています。その電磁弁の制御は足につけた IMU（慣性計測装置）で行っています。つまり、ちょうど膝を蹴り出す瞬間に、人工筋肉がぎゅっと縮んで、膝で蹴る力を少しパワーアップするようになります。また、それと同時に各所につけたセンサーから音も出しています。

蹴る力は少しパワーアップしているのですが、球の速度がそんなに速くなるわけではありません。しかし、蹴っている人は、体性感覚で自分の足がパワーアップしたと感じられます。同時に、ボールがけたたましい音で飛んでいくので、アニメや漫画の世界のような感じを受けるのです。これを我々は“超人感”と呼んでいます。



超人ペナルティキックはエンタテインメントコンピューティング 2018 という国内の学会で体験デモを行いました。学会に来られた先生方に、1人1回と制限を設けて体験していただいたのですが、1回蹴った先生が列の後ろに並んでまた蹴りたくなるということが起きて、これが人間拡張研究センター設立のきっかけになりました。

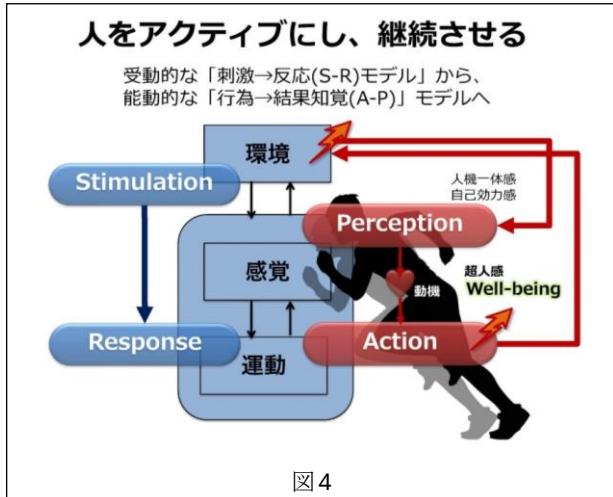


図4

図4の説明をします。人というのは外部環境を感覚器で知覚して、それで何か運動を起こして効果を出すという仕組みになっています。外界からの刺激に対して反応することから、刺激(Stimulation)と反応(Response)の英語の頭文字をとって、古くからS-Rモデルと呼んでいます。人間工学はおおよそこの仕組みで成り立っています。

今、講演を聞いている皆さんは座っています。座っていると、皆さんのお尻は椅子から刺激を受けています。まだ私の講演が始まって10分ぐらいですが30分ぐらい経つてくると、お尻がもぞもぞしてきます。このお尻がもぞもぞして、なんとなく動かしなくなるというのが反応ということになります。

人間工学では長く座っても楽な椅子を作る場合、お尻にかかる圧力(刺激)をどのようにすればレスポンスが減るかというアプローチで外部環境を設計していきます。図3の場合、外部環境はボールで、最初にボールを蹴飛ばすというActionから始まっています。図4のActionについている稲妻マークはそれを増強したという意味です。

その増強した結果、環境が変わります。ボールが飛んでいくわけですが、その音もちよっと増強しています。したがって、環境にも稲妻マークがついています。その結果をPerception(知覚)していることになります。その増強するのに使った道具が、Perceptionのところには人機一体感と書いてありますが、自分の体の一部になっているように感じるということと、それから結果が自分の仕業だと思える自己効力感、この2つが揃うと、自分がすごくなったと思える超人感を得て、それが再びやってみようという動機を増強するサイクルを引き起こしているのではないかと考えたわけです。

図4左側の青で示しているS-Rモデル、それと右側の赤で示しているものを我々は頭文字を取りA-Pモデルと呼んでいます。この2つはコインの裏表みたいなものです。

S-Rモデルは、外から刺激を受けると反応するシステムのこと、人はそういう特徴を持っています。

A-Pモデルは、人は常に外部環境を変えようとしていて、自分の力でどれだけ変えられたかということをもって、自分の力を測っているシステムであることが見えます。

どうでしょうか。A-Pモデルのほうが非常にアクティブな感じがしますね。このA-Pモデルのサイクルでうまく動機を増強して継続させることができるのではないかと、これが我々の考える人間拡張です。



図5

次に超人スポーツ協会と一緒にいった案件をご紹介します(図5)。ジャンピングスティルトという人の足を長くして、バネ力を付けられるようにした物と、北海道大学 田中先生が開発された軽量化技術スマートスーツを着て、身体の方にもバネ力をつけて人がどこまで早く走れるかに挑戦した実験です。特別に目立った技術を使っているわけではないのですが、パフォーマンスとして100メートルで3秒も速くなるという、予想を超えた面白い結果が出ました。この実験で走者が「また走ってみたい。」と言っていました。そう、超人感を得たわけです。この気持ち、図4で述べたサイクルが回っていくということだと思います。

私が所属している産総研柏センターは東大の柏キャンパスの中にあって、そこに40人の常勤の研究職員とポスドクやスタッフを入れて大体100人を超える規模の組織になっています。

こちらでは、センサー、バーチャルリアリティ、図3や図5のようなバイオメカニクスを研究しています。それから心理学、サービス工学やデザインのメンバーが集まって、「介護」、「健康」、「労働」の3つの分野の研究を行っています(図6)。

まずは介護の分野。介護される人の生活拡張や、介護する人の負荷の低減を目指しています。次に健康の分野。運動機能拡張は図3、図5のようにうまくできるということと、さらにやってみたく運動継続意欲向上を目指します。3つめは労働の分野。技能スキルを拡張したり、ワークエンゲージメント(仕事に対するポジティブで充実した心理状態)を向上したりするといったようなことを行っています。

この3つに共通することはフィジカルなサービスだということです。“フィジカルな”とはどういうことかということ、仮想空間の世界で充実しているだけではなく、リアルな世界でも効果が出ることを目指しています。仮想の世界でマッジョになっても、リアルな世界でぶくぶく太って不健康では、あまり恩恵がないですね。仮想世界のことを実際にリアル空間に戻すという研究をしています。



要素技術の研究の一つとして電池を研究しています。もちろん、産総研では電池の研究をたくさん行っていますが、そのほとんどは自動車や航空機用の電池です。しかし図7で紹介しているものはぺらぺらの紙のように曲がる電池です。人が身につけることも考えて全固体の電池にしています。

もちろん、スマートフォンに入っているリチウムイオン電池には及びませんが、それでもこのぺらぺらの紙みたいなものを3~4枚束ねれば、歩行の研究者（図7右下写真の女性）が作ったセンサーを丸1日駆動することができました。ちなみに、電池は靴の中敷きに入れて、遠隔で充電ができるようになっています。

ウェアラブル固体電池+センサ

- 人が纏える安心安全な可撓性全固体リチウムイオン電池の大幅増大
 - 平均電圧3.8V、440mAhを達成（従来に比べ、電圧1.7倍、容量5200倍）
- 利用者の利便性を追求した足底部圧力計測デバイスの設計
 - 被験者の利便性を考慮し、センサ、電池、無線通信デバイスの全てインソールに纏めた。
 - Android OSのアップデート対応とアプリケーションの改良によりBluetooth通信の接続動作が安定

図 7

湿度センシング

- 高速応答する湿度センサ
 - Bluetooth通信で不織布マスク内にセンサを入れて計測可能
 - 湿度を用いた簡易に経時的な呼吸数計測に適用できる
- 布状湿度センサ
- 湿度変動電池全固体電池用固体電解質膜の使用による性能向上
 - レーザー溶着技術によるセルの小型、薄型化

図 8

次にセンサーを紹介します。産総研ではセンシング技術をたくさん研究していますが、我々のセンターで行っているセンシング技術の基本は印刷で、センサーをシルクスクリーンやインクジェットプリンターで印刷しています。印刷技術にはあまり目新しいものはなく、インクとその後の処理にみそがあります。図8は、湿度がセンシングできるようなインクを作って、それを布やフィルムの上に何層か乗せ150度程度で重合させると、それが呼吸や湿度を計る有機センサーになります。

フレキシブルセンサデバイス

- 印刷するひずみセンサ
 - 印刷～乾燥により、ひずみ検出部を形成
 - 既存の金属箔ひずみゲージの100倍のひずみ応答性(ゲージ率)
 - マイコンでシステム化し関節角度計測
- 印刷する圧力センサ
 - 多点分布計測で確度の高いデータを抽出

図 9

図9はひずみゲージとなります。これまで金属性のひずみゲージはありましたが、こちらは黒いインクがみそでして、布の上にパターンニングしたものを重合させると、これがひずみゲージになります。電気抵抗ではなくキャパシタンスを使っています。図10でグラフが出てきますが、直線性はそれほど高くないものの、ヒステリシスがほぼありません。したがって、一回構成してしまえば、それで使えるというメリットがあり、併せて感度は非常に高いものとなっています。

さて、このセンサーを何に使っているか。先ほど柏研究センターは東大の中にあると言いましたが、私は東大の客員教授も兼任しています。東大の講座も持っていて、そこに修士とドクターの学生が来ています。図10はドクターコースに進んだ学生が修士のときに行っていた研究で、先のひずみゲージを使っています。Silent Speech Interaction（サイレントスピーチイン

E-Mask

・ マスク型デバイスによるSilent Speech Interaction

- 声を出さずに話したときの口周りの変形が、マスクに印刷したひずみセンサで検出される
- 単語とひずみの関係をAIで学習しておき、マスクで検出したひずみから、単語を推定する

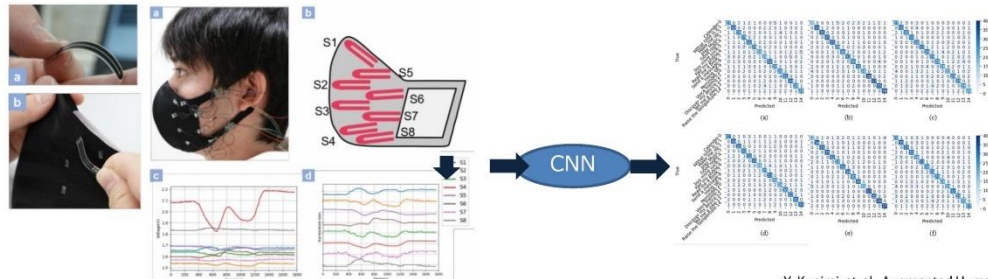


図 10

Y. Kunimi, et al., Augmented Humans 2022
 DOI:https://doi.org/10.1145/3519391.3519399

タラクション)、あまり聞いたことがないと思いますが読唇術のことです。映画『2001 年宇宙の旅』中で、HAL9000 というコンピューターがポッドの中で話す船長の唇を読むシーンがあるのですが、読唇術はもはや AI の時代ですから精度が上がってきています。

唇の動きを読むのは大抵カメラを使うものですが、ここではカメラではなくマスクを使います。コロナ禍で学生が考えそうなことですね。マスクをしたまま声を出さずに口パクをすると、マスクがひずみます。そのひずみパターンから何を話しているかを識別しようという試みです。

マスクに自家製のひずみゲージをたくさんつけて、そのマスクを着けた状態で幾つかの単語をいろいろな人に発音させて、それを機械学習(CNN: Convolution Neural Network)で単語と対応関係をつけてしまうと簡単に出来てしまいます。これは言語モデルも何もなく、『Alexa』というスマートスピーカーの 21 個のコマンドをほぼ 90% 強の精度で識別できました。

この研究を行った学生は何をやりたいかったかということ、混雑した電車の中で声を出さずに『LINE』を入力したいということでした。このことが産業的、社会的に何の役に立つかは別として、少し考えると応用できることもあって、例えば喉頭がんなどで声を失った方が口パクにより、さらに自分の声の録音テープがあれば、それを使って自分の声でもう一度発話することができる、このようなことにも使えるのではないかと考えています。

図 11 はプロの研究者が行っている研究で、その名も DATSURYOKU です。我々の筋肉の力をうまく抜いて、余計な筋肉を使わないようにするというものです。人間には、関節を曲げる筋肉と伸ばす筋肉の両方がついていて、この 2 つを同時に働かせると、専門的には筋拮抗といって関節が硬くなります。正確に言うとメカニカルインピーダンスが上がるのです。細かい作業をしているとき、皆さんは制御しやすいように関節を硬くしていますから、それですぐに肩が凝ってしまうわけです。

“DATSURYOKU”

- ・ 運動力学的介入により、無意識下で筋拮抗を低減。
 さらに、その成功体験を提示して学習させる。

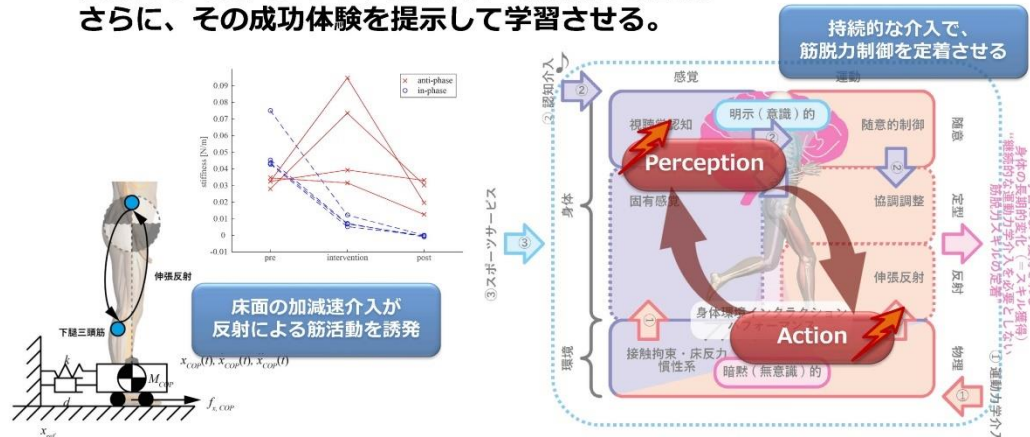


図 11

一方でスポーツや何か技能をするときは、実は筋拮抗が続くとなかなか長く良い状態を保てないので、優れた人は余計な筋肉を上手にリラックス、つまり無駄に力を出さずに行っています。体の外から筋肉を使わせることは簡単で、それは筋肉に外から電気刺激を与えれば、脳が信号を出さなくても動かすことができます。筑波大学 山海先生のロボットスーツ『HAL®』が代表的です。一方、筋肉をリラックスさせるのは非常に難しく、たとえ外から電気信号を送ることがなくても、皆さんの脳が何らかの電気信号を送ってしまったら、それを外部からブロックすることはできません。

DATSURYOKU は何をしているかという、実はウォーキングマシンの上を歩くのですが、モーションキャプチャーをしながらベルトの速度をコントロールできる仕組みになっていて、足がついた途端にベルトの速度を少し遅くして、足が離れるまでに少し遅くするという工夫を取り入れています。1 周期の速度は変わっていないのですが、1 周期の中で加減速が起きます。そうすると、足は瞬間的に引っ張られたような感じになって、反射によって筋肉の活動がリラックスできるようになるのです。

ただし、この実験が終われば被験者は元に戻ってしまいますので、このウォーキングマシンの上での結果を「あなたはうまくリラックスできましたよ。」と被験者に見せ、それを繰り返し学習しながら、徐々にウォーキングマシンのベルトの加減速を元に戻していき、最終的には実空間でもうまくリラックスできるようにしよう、そんなことを考えています。

この実験の中で、筋肉がどのように活動しているかを常時モニタリングしなければならないということで、センサーを使って筋活動のデータを取っていました。筋活動は筋電位 (EMG) という電気信号で測るのが一般的です。我々の実験室もこれで測っていますが、なかなか日常生活で筋電位を測るのはノイズもあり、また、電極を貼るのも大変です。

図 12 は筋膨隆といって力こぶを計測しています。筋肉が働くと筋肉が少し太くなるのですが、その部分をシンプルに測っ

ているだけなので、この方法であれば日常生活でも割と装着しやすく、かつ従来の筋電計と同等に測れるものを開発しました。

ところで、柏センターは千葉県柏市柏の葉というエリアにあります。秋葉原からつくばまでは、つくばエクスプレスという路線が延びていて、その沿線に柏の葉キャンパス駅があります。この柏の葉キャンパス駅は、つくばエクスプレスが通るまではゴルフ場でした。ゴルフ場の隣に千葉大の果樹園があって、その先に東大の柏キャンパスがあります。

さて、三井不動産は電車が通るのだからということでゴルフ場をやめて、ここにショッピングモールやホテル、タワマンを建て、一つの街をつくりました。そして東大や千葉大もあって産総研も来たから何かイノベティブなイベントでも、ということで、三井不動産が中心に企画され、イノベーションフェスティバルというものを毎年10月末に行うことになっています。産総研がこちらに来てからは、人間拡張の体験を提供しています。2022年にコロナ禍が明け、ようやく対面で開催できるようになった時のことです。ここで何が起きたかということ、コロナ禍が続く三井不動産の毎年の予算が繰り越され、結構たまっていたのです。「久しぶりにやるので、予算が増えます。IP コンテンツを買えます。」とのことで、このイベントのために何かキャラクターの買い付けができるということです。

人間拡張ですから、何か強くなるキャラクターが良いと思います。実際交渉を進めると、さすがにどれも値段が高く難航しました。幸いに有名な変身ヒーローの IP が契約できましたので、これを使って図 13 を企画しました。

どのようなシナリオかというと、「電気を出す怪獣が柏の葉の街を攻めてきた。怪獣から地球を守る科学警備隊が来るのは間に合わない。とりあえず怪獣の尻尾にロープをつけたから、そのロープを引っ張って、怪獣が柏の葉に入らないようにしてくれ。」という、むちゃ振りのストーリーです。2 日間で 30 組の家族が抽選で選ばれ、参加してくれました。

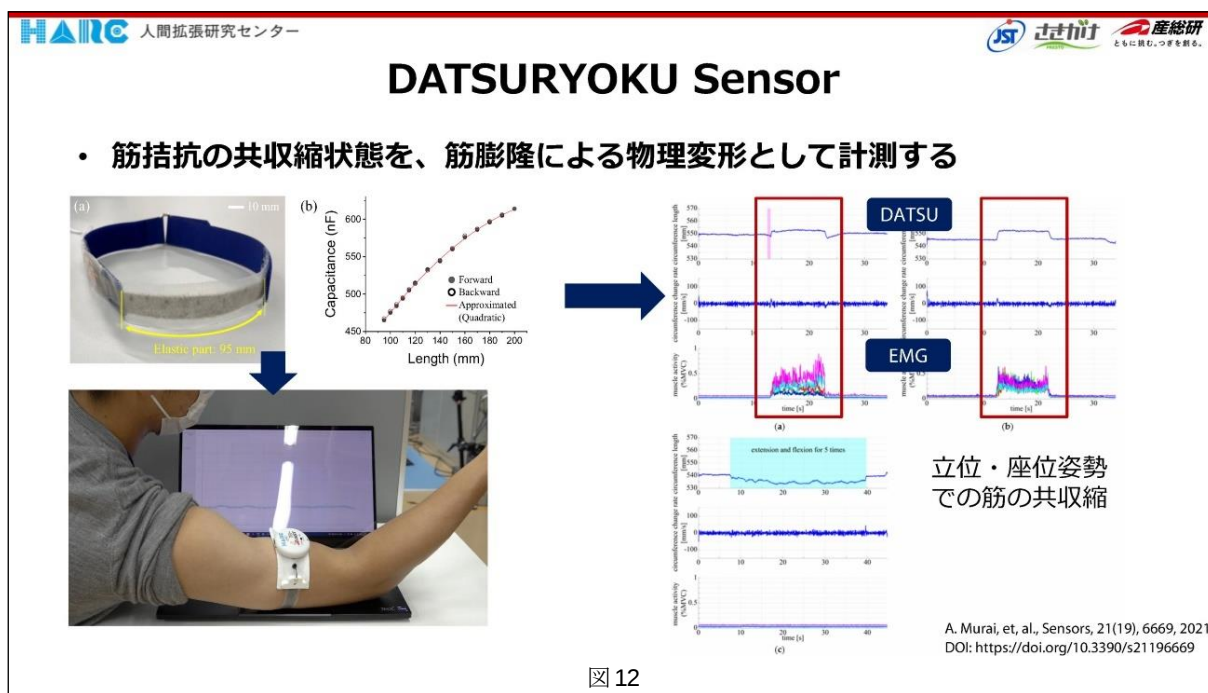


図 12



図 13

図 13 では黄色い服の男の子が一生懸命ロープを引っ張っています。ロープの先にはセンサーがついていて、図 13 左の“人の力のみ”のときでは6キログラムフォースと計測されています。なお、“人の力のみ”では必ず失敗するシナリオになっています。「駄目だ、君の力ではとても怪獣は止まらない。」そして次にどうするかというと、男の子に黒いベストを着てもらいます。これが図 12 の DATSURYOKU Sensor を使ったベストで、「君が今着ているのは柏の葉の研究者が作った人工筋肉スーツだ。これからそのスイッチを入れる。君ならこれを使いこなして、もっと力強く止めてくれるだろう。」と言ってスイッチを入れます。すると、男の子はうまいこと力を出して図 13 中央の“+人工筋肉”の 8 キログラムフォースを出しました。そう、少しパワーアップしたわけです。

しかし、ここでも必ず失敗することになっています。「駄目だ、これでも怪獣は止まらない。」そこで、変身ヒーローになるための赤い眼鏡が渡されます。これをつけると画面が切り替わり、巨大なヒーローが出てきます。上部にモーションキャプチャーのようなデプスカメラが入っていて、人の動きに伴い、全く同じように画面の変身ヒーローが動きます。「よし、君はヒーローになった。」と言われ、視点も上がり、怪獣と同じぐらいの背の高さになった状態で「これでもう一回、ロープを引っ張ってくれ。」と再度人工筋肉スーツのスイッチを入れます。そうすると、何と 13 キログラムフォースもの力が出てしまうのです。火事場のくそ力みたいなものなのですが、専門的にはこれをプロテウス効果と呼んでいます。

もちろん、この効果を知って我々はプランニングをしているのですが、人工筋肉は物理的に外から筋肉を補強している図 3 の超人ペナルティキックと一緒にですね。他方、プロテウス効果というのは何かというと、仮想空間の中で姿形が別のアバターに変わったときに、そのアバターに関する特徴により、実世界の我々が影響を受けてしまうことをいいます。例えば、マッチョなアバターになるとダンベルが軽く感じられたり、アインシュタインになると、算数の問題が早く解けたりするのです。これは、脳内で何か伝達物質が出ていることによるものだと思うのですが、まだそこまでは解明されていません。

プロテウス効果は東京大学 鳴海先生が非常に得意な分野で、イノベーションフェスティバルも鳴海先生監修のもとでデザインしたのですが、さすがに実験室で試すときは変身ヒーローのような IP コンテンツは使わないので、“+人工筋肉”の結果までです。つまり、プロテウス効果によって実験室よりもすごい効果が出たということで、非常に興味深い結果になりました。

このように実際のフィジカルなもの、そして心理的なものを組み合わせて人間の能力を変えていくのが、我々の目指す人間拡張ということになります。

人間拡張による介護支援サービス

これから介護、健康、労働の3つのアプリケーションのお話しをしていきます。まず介護から始めます。

・ 2006年から8年間の全国介護保険レセプトの分析

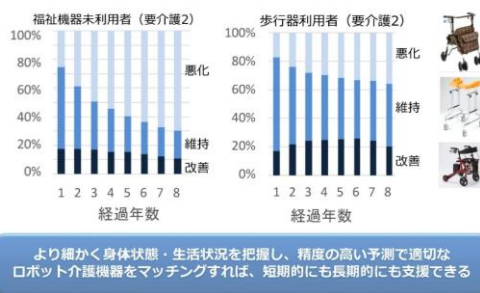


図 14

図 14 は 2006 年から 8 年間の全国の介護保険のレセプトデータ 2,000 万件分を厚生労働省から入手して、それを筑波大学の先生と共同で分析した結果となります。同じ要介護 2 という集団で、左側は特に福祉機器を使わなかったグループ、右側は何らかの形で歩行器を使ったグループで、サンプル数は右側のほうが少ないです。それぞれ 8 年間でどのように変わっていくかということ、左側の福祉機器を使わなかったグループはひたすら悪化していきます。

一方で、歩行器を使っている右側のグループは明らかに悪化の比率が少なく、身体機能の維持や改善ができて見えてきます。どういうことかということ、歩くために 100 という能力が必要だとして、歩けないわけですから、その能力が 80 などに低下してしまっているわけです。シンプルな歩行器であっても、一種の人間拡張みたいなもので、それで足りない 20 の能力を補って、100 に満たして歩いていると、80 が 80 のまま維持できたり 85 になったりします。これは冒頭でのび太君の例で言ったようなものです。人間拡張の技術を使っていると、生身の我々の体もパワーアップする可能性があるということです。

図 14 右に 3 つ並んでいる歩行器の一番下は、産総研が共同開発したロボット歩行器で、上り坂なら引っ張ってくれるし、下り坂ならブレーキをかけてくれます。こういうことを聞くと「じゃあ、あなた達の作った賢いロボット歩行器は、私の力が 85 になったら 20 サポートするのをやめて 15 にしてくれるんだ。」と誰でもそう思いますよね。しかしながら、そこまでは考慮せずに作ったので、このロボット歩行器は現状では常に 20 をサポートしてしまいます。

さすがにそれは考えなしだよねということで、今まで捨てていた機械の制御データをクラウドに上げることにしました。例えば、どれくらいの力で押しているのか、どれくらいの距離を歩くようになったのか、という制御に使ったデータはこれまで

も取れていたのですが、それまでは使い道がないのでひたすら捨てていました。それらのデータをクラウドにためて、どうやらこの人は押す力が強くなってきた、歩く距離が長くなってきた、速さが増してきた、と分ったならば、今度はクラウドからアクチュエーターを制御して、ちょっとサポート力を減らそう、こういうことを行うようにしました。実際にこれを実装して、柏の葉の隣の豊四季台というところで長期試験をして、それがどの程度効果があるかというのを現在調べています。

このような研究が基になって、私どもはSOMPOホールディングス（以下、SOMPO）さんと大型の共同研究を行っています。

SOMPOさんは介護事業を大きく手がけておりまして、その介護事業の生産性向上が大きな目標です。この生産性向上とは何を意味するのか。日本は人口減少とはいっても、高齢者は増えていきます。一方で、それを支える介護する側の労働力はどんどん減っていくわけです。すると、同じ介護の質を担保するためには、何らかのテクノロジーを導入して、より少ない人数で今までと同じ対応ができるようにしないとイケない、これが生産性向上の意味となります。

ただし、一つ厄介な問題がありまして、介護事業は大手3社で施設のシェアが5%未満で、大半は地域の中小事業者が担っています。それが悪いとは言いませんが、地域の中小事業者がデジタルやロボットを使って革新的な介護ができるようになるかという、それはまた非常に難しい。

SOMPOさんの考えているものは、私の理解ではセブン-イレブン型です。私の幼少の頃には近所にたくさんたばこ屋さんがありました。そのたばこ屋さんが次々とコンビニエンスストアになっていくわけですが、たばこ屋さんが一軒一軒努力して、コンビニエンスストアになったわけではありません。セブン-イレブンさんが資本をかけてプラットフォームをつくって、そしてフランチャイズ展開をしていって、街のたばこ屋さんはコンビニエンスストアに変わったわけです。

恐らく、同じような動きが起きないと、日本の介護は変わっていかないとSOMPOさんは考えておられて、ロボットやテックの開発事業者と地域の中小事業者も含めた介護施設をマッチ

ングするサービスプラットフォームを作っていこうとされています。そこで図14で説明したロボット歩行器のように、集めたデータを利用して介護をより効率化していこう、そのようなことを考えておられます。

介護の効率化のためにテックをいかにして導入すればいいのか。テックの導入には、介護サービスプロセスを変え、DX化し、必要なデータを計測して見える化することが必要になります。さらに、転倒や褥瘡、誤嚥など、介護に伴う様々なリスクを集めたデータから予測し予防する技術といったものを、我々産総研は開発しています。そして、最終的には労働生産性を高めていくということで共同研究を進めているところです。

人間拡張による健康増進サービス

次が健康です。これも介護と似たようなバックグラウンドとなるのですが、高齢者が増えても要介護者が増えなければいい、という考え方もできますので、できるだけ健康を維持していこうというものです。

図15は厚生労働省が出しているデータです。実は健康に十分役に立つ運動習慣がある人は3割で、IoTが出てこようが、スマートフォン・スマートウォッチが出てこようが、全く変わっていません。ということは、テクノロジーが出てきたら、割合が増えるというのは極めて楽観的な見方で、言い方は悪いですが、残り7割の方々がこれから医療費を食い潰して要介護に突入していくわけです。

明治大学のマーケティングの先生にお願いして、この7割は一体どのようなタイプの人達なのかを調査しました。本当はもっと細かい整理なのですが少しラフに分けると、雷同派、同調派、無関心派の3種類になります。無関心派は本当に無関心なので、我々は7割の半分を占める雷同派にアタックすることになりました。

雷同派はどのような人かという、「継続動機がないため、継続サイクルが形成されない。もしくは継続動機があっても不明瞭で、離脱ルートが形成されている。」とのこと。マーケティングの先生言うことは難しいですね。ただ、皆さんの職場の中にも雷同派の人がいるわけです。

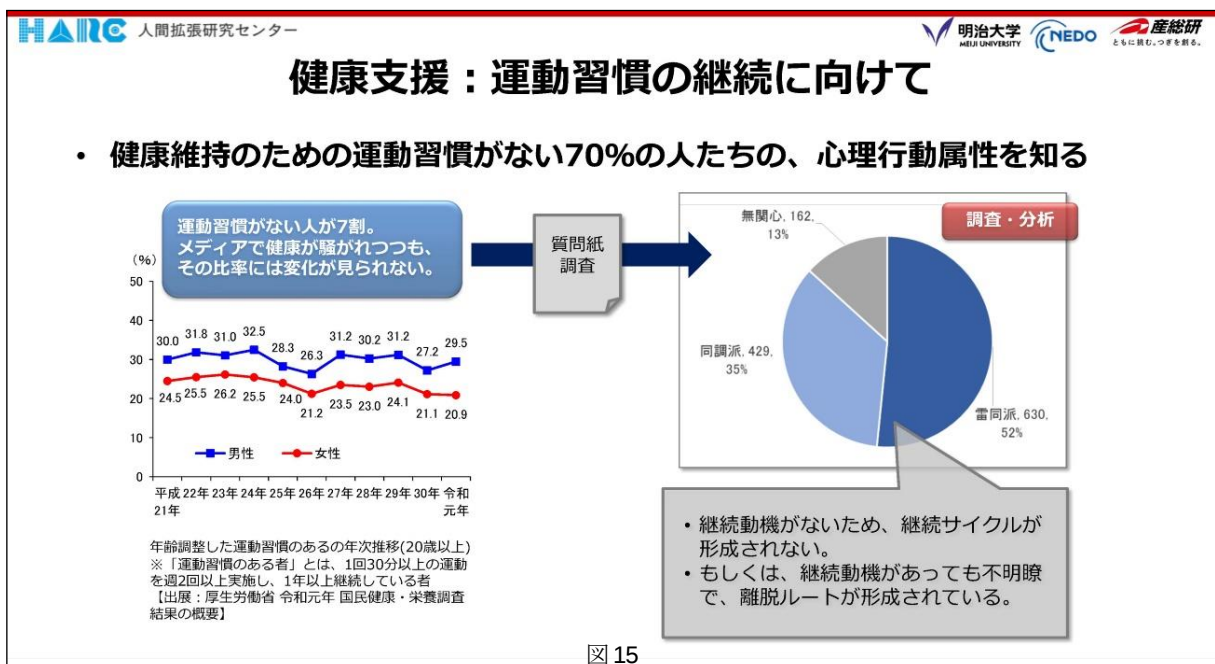


図15

雷同派がどのような人達かというのを、例えば職場でのこのようなやりとりで想像してみてください。

A:「B 君、今週末、近所の公園で健康イベントがあるって。普段、君は運動していないから、そこに行って体を動かした方がいいよ。職場の人も何人も参加するから君も行こうよ。」(と A は助言します。)

B: (「うっとうしい、こういうのは嫌なんだよな、俺。」と思いながらも)「そうだね、1 回ぐらい行ってみようかな。」(と、一応 B はこたえます。)

A:「1 回じゃ駄目だよ、毎週やるんだから、とにかく来てみなよ。」(と、A は念を押します。)

-- そして当日、B が実際にイベントに行くと --

A:「おお、来たじゃないか。」(と A は B をほめます。)

B:「いや、でも家を出るのがなかなか大変でね、やっぱり週末は家にいてほしいって言うんだよ、女房と子供が。」(と B は言いますが、本当は妻も子供も旦那がいらないことのほうが気楽に思っています。そう、嘘なのです。これが離脱ルートを形成しているということです。)

-- そしてイベントが終わり --

A:「ほら、体を動かすことっていいだろう？本当に健康にもいいのだから、また次回もやろうな。」(と、A は B を誘います。)

B:「いや、さっき言っただろ。女房と子供が俺に家にいてほしいって。だから、やっぱりできないよ。」

-- と、こうなるわけです。 --

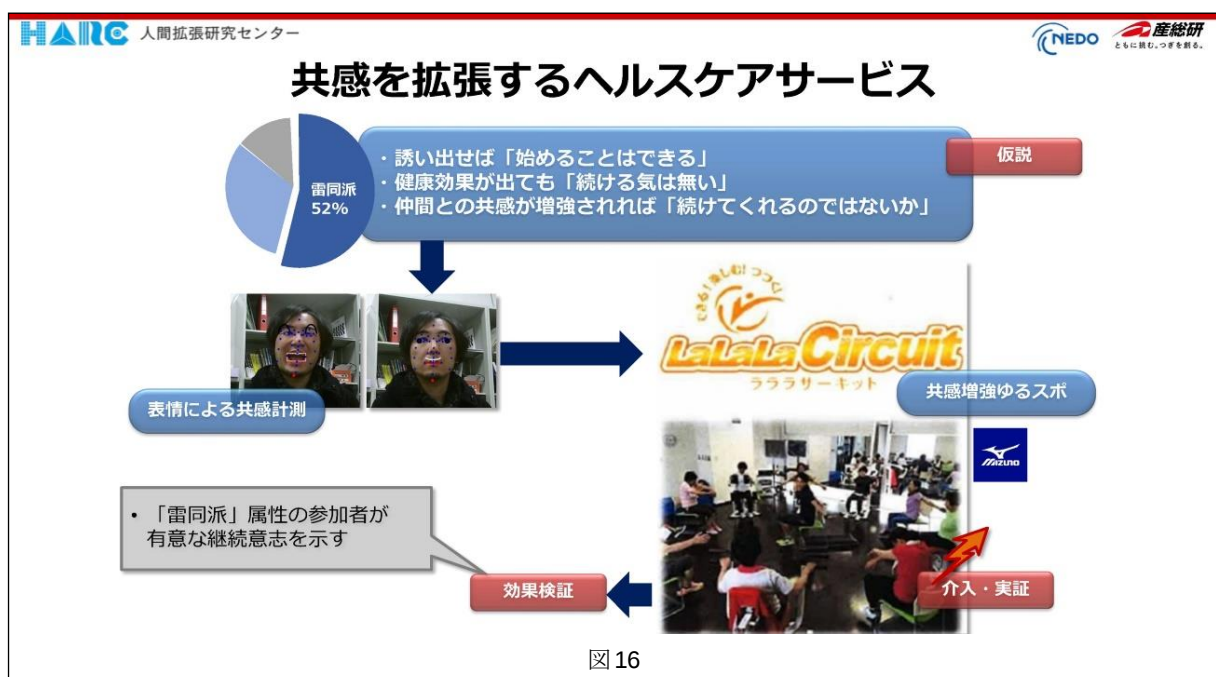
雷同派の人たちを何とかしたいというときに、どこに着目したかという、「最初から行かなければいいのに、誘われたら 1 回目は参加する」という点です。ということは、仲間との関係のほうが自分の健康より大事なのです。それならば、この仲間との関係を強化する方向で考えたほうがよいのではないかと、というのが我々の仮説です。共感を強化しようということです。

共感など測れるのかということですが、我々のチームには心理学に詳しい者がいます。実験心理学でグループの共感が高まると、笑顔が同調するという研究があります。笑顔の時間が増えるのではありません。同調するのです。図 16 右の写真になりますが、これはミズノさんに協力していただいたもので、緩いエクササイズをやっているときに、一人一人の顔をカメラで撮っています。AI で笑顔を判定して、その笑顔が集団でどれだけ同調しているかというのを計測して、その場で手元のタブレット端末に出すようにしました。

トレーナーの方には体を鍛えることよりも、この笑顔を同調させるように、うまいことあなたも笑顔をつくったり負荷を下げたりしてくださいとお願いしています。幸か不幸かトレーナーの方には上手な人も下手な人もいて、この笑顔同調度が高いグループと低いグループが幾つもありました。それらのグループを比較すると、共感度が高いグループで、特に雷同派の方々は物の見事にまたエクササイズにやってくるということが確認できたので、やはりこういったものは一つの効果があるのだらうと考えました。

ただ、やはり体を動かすのにどこかに集まって何かをやるというのはハードルが高いものです。もっと日常的なものにしようということで、我々のラボでは歩行の研究をしています。

“歩数を増やす”とか“距離を長くする”とか“時間を増やす”のは、全員ができるものではないので、“歩行の質”を変えることを目指します。同じ歩くならば歩き方を変えようということです。皆さんもスマートフォンやスマートウォッチをつけていると、どれくらいカロリーを消費したとか、歩速がどれくらいとか表示されますが、我々の技術ではあなたの膝がどれくらい曲がっているとか、背筋がどれくらい伸びているなど詳細な歩行データを複合することができます。それを見せて、あなたの歩き方をもう少し変えてみましょうなどの指示をして、それが変わったかどうかの確認までを行っています。



歩行属性判定システム HOLMES

Human Objective Locomotion MEasurement System

・ラボのデータとウェアラブルなデータの組み合わせ

- ・全身歩行運動データに基づいて歩行タイプを類型化
- ・ウェアラブルセンサデータから類型を判定、全身歩容再現

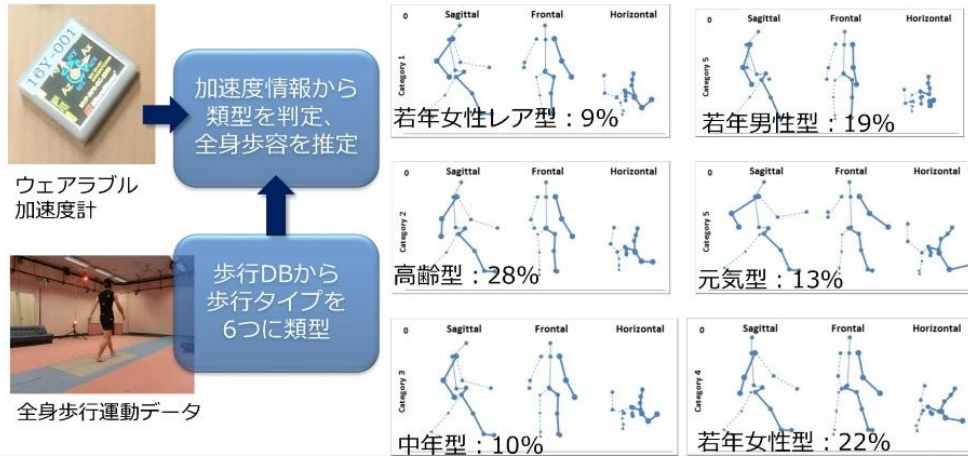


図 17

実際に使っているのは加速度計です。それで何故、詳細な歩行データが複合できるのかというと、我々はディープデータと呼んでいます、ラボの中にモーションキャプチャーで測った膨大な歩行データを持っているからです。この歩行データに少し前処理をしておくと、レファレンスである1か所の加速度データから全身の運動を複合できる、こういうことになります(図17)。

実際に柏の葉で行った NEDO のプロジェクトの実証実験で、「今のあなたはこんな歩き方になっているから、もう少し腿を高く上げて元気よく歩いてみると効果がありますよ。」と個人々に合わせて効果的な歩き方の支援を行いました。

ちなみに、この実証実験を行っているときに、大体皆さんうまくいくのですが、日によってうまくいかないこともあります。疑問に思ってインタビューすると、「ちょっといろいろね、会社でトラブルがあってさ、元気よく歩けたって歩きたくないわけよ。今日、元気ないんだから。」といった心理的な面が影響しているのが分かりました。

これは心理的属性に応じて何かサポートしなくてははいけない。我々は心理計測は得意なのですが、表情を測ったり心拍数などを取ったりしても、運動中は結構いろいろなもので左右されてしまうので困っていたところ、若い心理学の研究者が「絵文字を出して気分を高めてもらいましょう。」と提案してきました。「誰がそんな気になるんだよ。」と思ったら、これはおじさんの考えで、案外効果がありました。

歩いているとスマートウォッチがぶるぶると震えます。別に無視してもよいのです。今の気分を入れたい人は、そこで表示されている幾つかの絵文字の中から、「そのときの気分に合わせて選んでね。」という、喜んで絵文字をクリックしてくれるのです(図18)。

図17のところで出てきた我々がディープデータと呼ぶものですが、ビッグデータとは異なり実験室で計測する、数は少ないけれども質的に精度が高い深みのあるデータです。歩行については全身の運動をモーションキャプチャーで測って、地面にかかる力を床反力計で測っています(図19)。



図 18

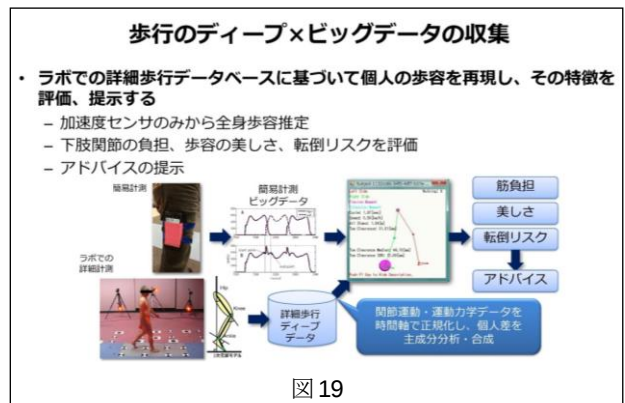
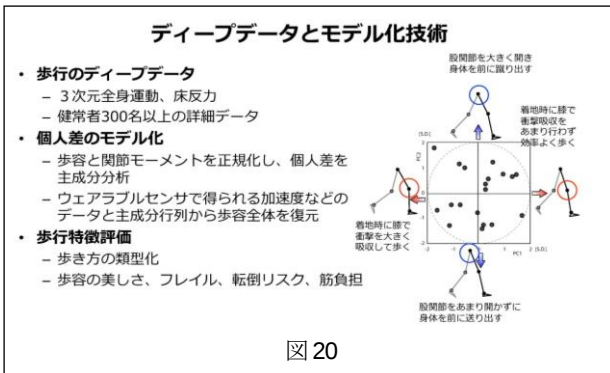


図 19

何故これで複合できるのかという、これは非常にシンプルです。我々は日本人の歩行データを 300 程度持っていて、これを丸ごと主成分分析にかけています。そうすると、日本人の歩き方のパターンが 10 次元から 15 次元の空間で表せることが分かります。したがって、皆さんは 15 次元の空間のどこかの歩き方をしているのです。逆を返すと皆さんの歩き方は 15 個の数字にあてはめることができるということです。

我々はこの空間をつくった後に、先述の加速度計のデータからその 15 個の数字を決める数式を定めています。そして、主成分行列、つまり固有値を我々は持っているの、加速度計から決まった 15 個の数字に固有値行列をかけてやると全身の動きが復号できる、というわけです (図 20)。



人間拡張による業務支援サービス

さて、3 つめは労働についてです。今、労働現場の人手不足が問題となっています。いろいろな要因がありますが、そもそも少子化によって人手不足になることは昔から分かっているわけです。出生率が予想より下がったといっても、それはまだ生まれたばかりの子供の話であって、今の働き手は 20 年前には生まれているのですから、どれくらいの人数になるかは 10 年前から分かっているわけです。

では、なぜ今になって人手不足と騒がれるかを一言でいうと、

コロナ禍が終わり、底をついた景気が良くなっているからです。ただ、これから先も日本は移民が少ないことを考えると、やはり労働力を補うために一人一人をパワーアップしなければいけない。この課題は残ります。

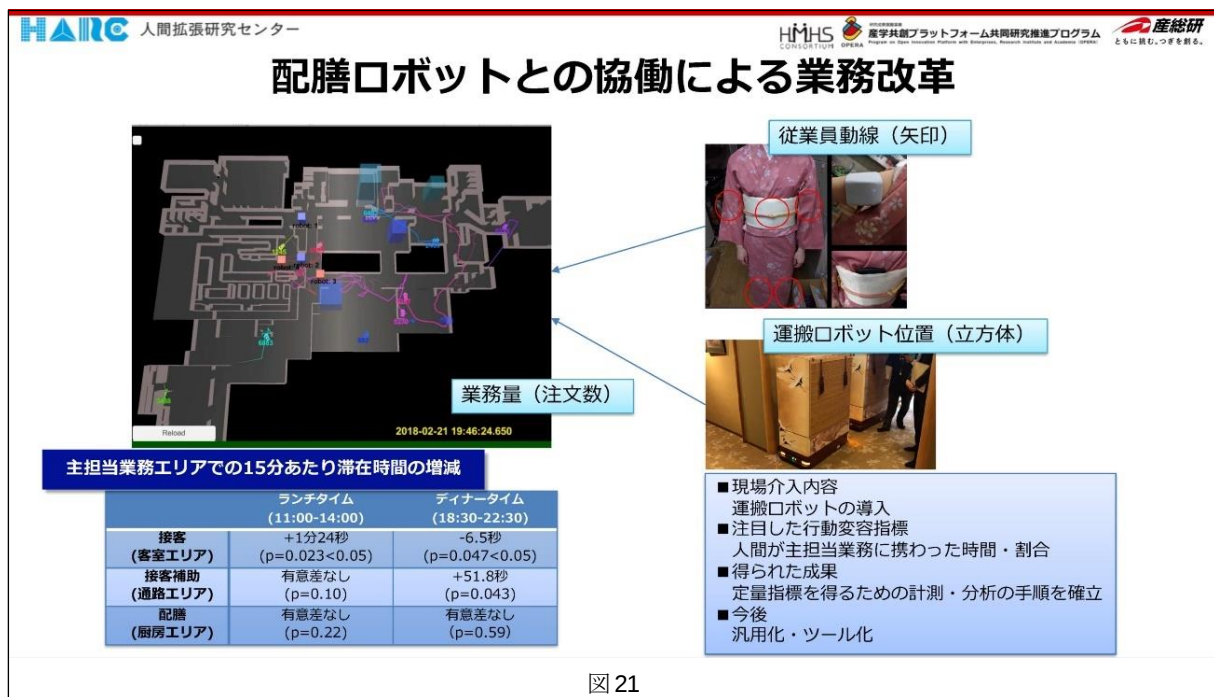
ところで、完全自動化と人間拡張は少し違って、人間拡張というのは完全自動化がすぐにはできない、もしくは完全自動化してしまうと価値が損なわれるようなところを担うイメージになります。

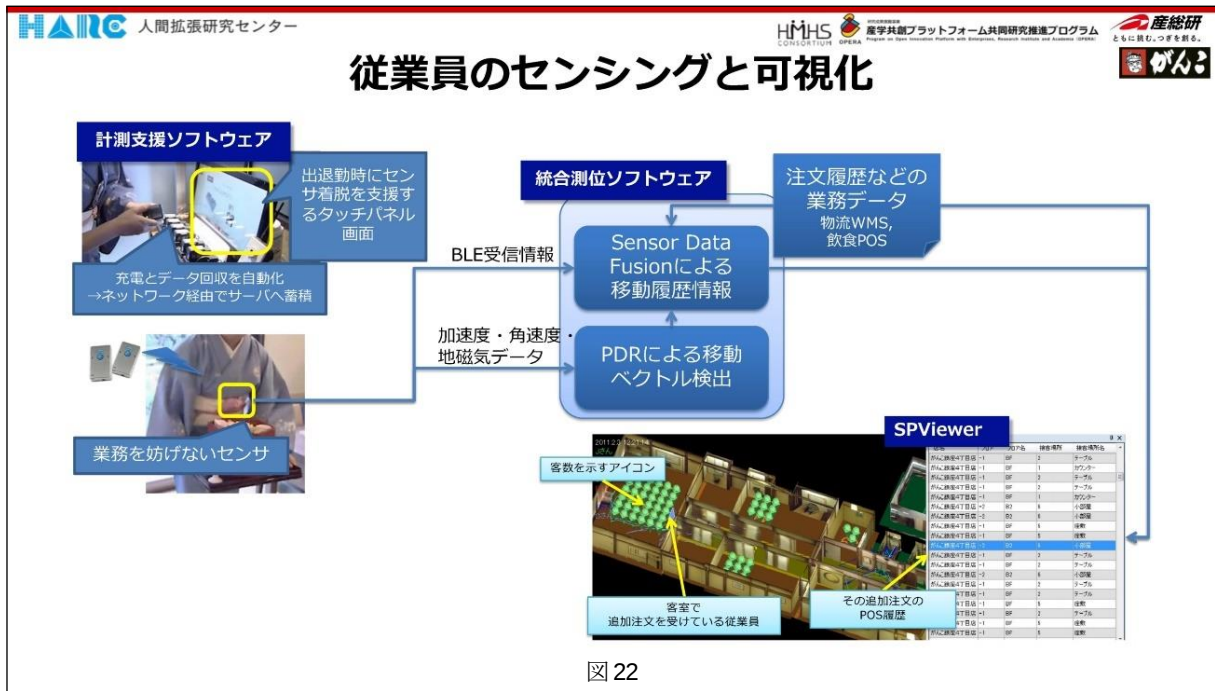
完全自動化がすぐにできないというのは、例えば介護のような対人サービスはなかなか難しいと思います。あと同じ対人サービスで難しいと思うのは、お寿司屋さんでしょうか。板前さんが出してくれるのか、ベルトコンベヤーで運ばれてくるのか、機能は一緒ですが皆さんが受け取るサービスの価値は全然違って来るでしょう。そうすると、機械を使って価値が下がるというところをうまく人間拡張でカバーしようということになります。

図 21 はコロナ前の話ですが、和食屋のがんこさんは厨房から料理を運ぶのを従業員が行っていたのですが、効率化したいということで、国内では割と早い段階で配膳ロボットを導入しました。ただ、ファミリーレストランではないので、配膳ロボットは厨房からお客さんの近くに行くまで、従業員が配膳ロボットから料理を取り出して配膳し、併せて料理の説明をすることになっています。

つまり、お客さんからすると配膳ロボットから自身で料理を取り出すのではなく、従来と同じように従業員が接客してくれることになります。また、この配膳ロボットを隠しているわけではないので、お客さんはそれらが店内を走っていることは分かっています。

こちらの仕組みは、屋内測位技術というものを使って、従業員とロボットの位置を計測しています。従業員の作業の全てをロボット化しているわけではないので、配膳ロボットが仕事をしている間、従業員がぼーっとしていたら生産性は上がりません。今で言う DX、つまりサービスプロセスそのものをうまく直さなければいけないということになります。





そのために配膳ロボットと従業員の位置状況を測って、それらを見える化してサービスプロセスを変えることにしました。

そこで、我々が投入した技術がデッドレコニング (Dead Reckoning) です。GPS は不要で、かつコストのかかるセンサーを屋内にたくさん配置することもなく、基本的には加速度等を積分して算出しています。もちろん誤差は出るのですが、マップマッチングなどの種々の技術で減らして、常時 50 センチぐらいの精度で測れるようになっています (図 22)。

では、これを使って何をしたのか。がんこさんではもともと QC サークル (業務改善活動) がありました。ところが、サービス業あるあるなのですが、例えば従業員が店舗マネジャーに、「最近こういうところが非効率だと思えますよ。」と提案して

も「俺の経験によると〜。」という話が始まって、結局提案が無駄になっていたわけです。

ところが、前述の技術を導入したことにより「産総研の測ったデータを見て下さいよ。ここをこんな感じに変えたらいいと思うんです。」とフラットに店舗マネジャーと議論できるようになったのです。

こうして作業プロセスを見直しと人員配置の変更で必要な従業員数は減るのですが、ほかの店舗に異動するなどで対応をはかりました。結果として、導入したロボットは 2 年半で償却できることが分かって、全体的には非常に生産性が上がったということで、本件は 2020 年度日本サービス大賞経済産業大臣賞を受賞しました。

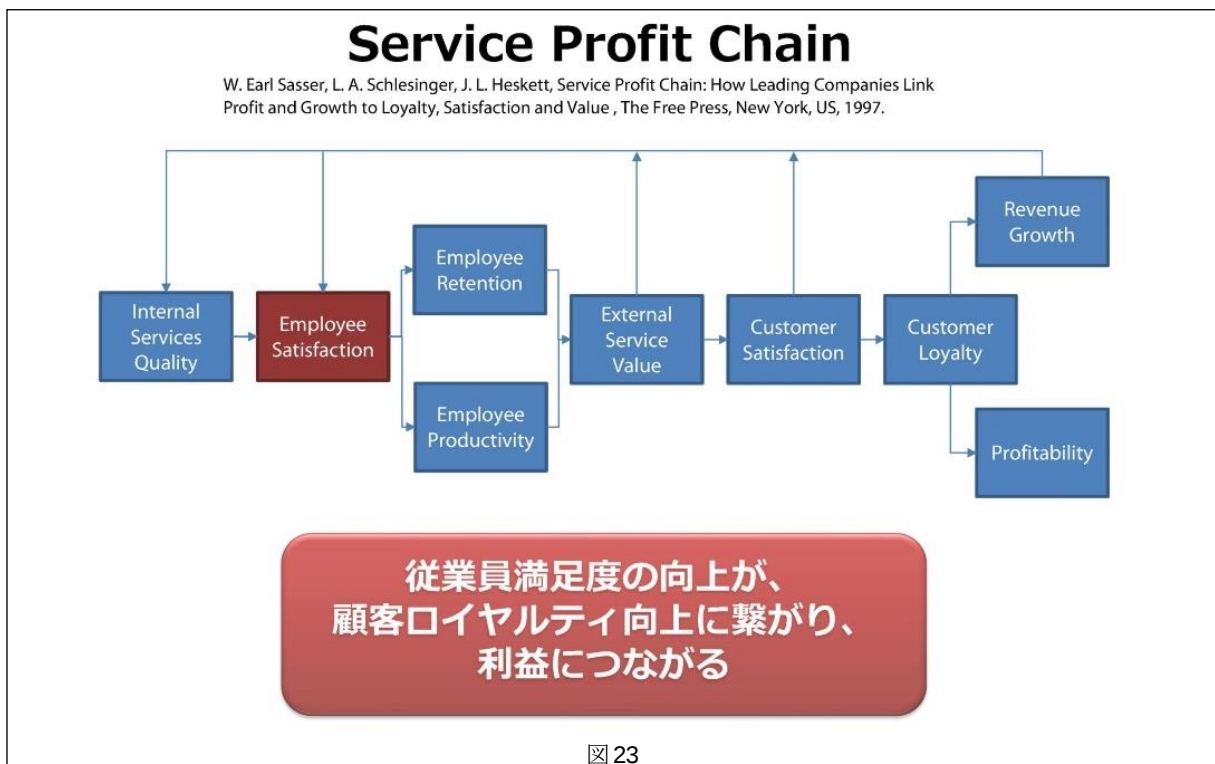


図 23 はサービスプロフィットチェーンといいます。これはサービス学で使われる言葉なのですが、最終的なレベニュー（Revenue）やプロフィットビリティ（Profitability）は顧客のロイヤルティや満足度に起因しているのですが、その根本には従業員の満足度（Employee Satisfaction）がある、今回はここからしっかりとアプローチすることにしたわけです。

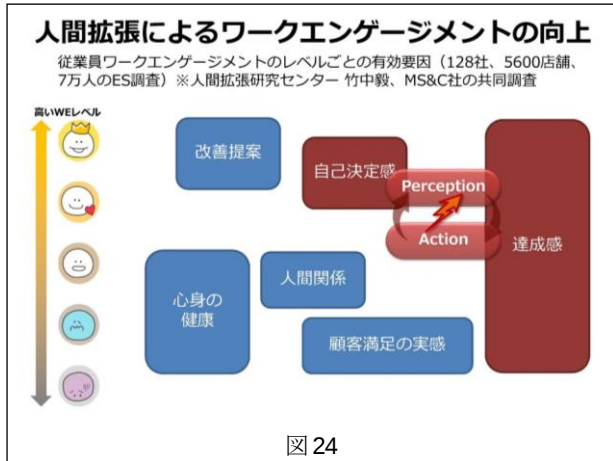


図 24

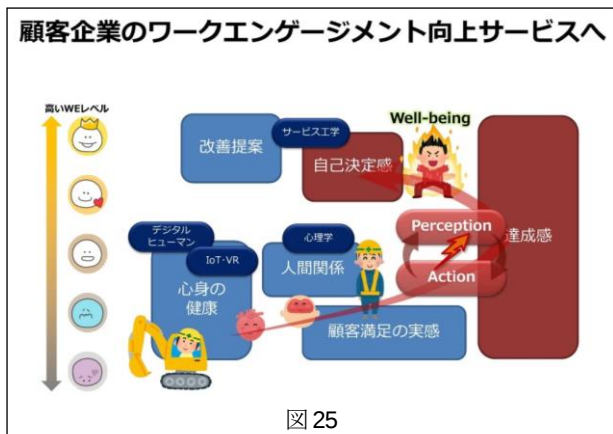


図 25

我々はがんこさんだけではなく、実際に 128 社、5,600 店舗について、このような調査を MS&Consulting 社と一緒にしています。図 24 はその共同調査で、従業員のワークエンゲージメントが上がる要因を整理したものです。健康と人間関係の 2 つが満足できてもレベルが真ん中ぐらいにしか届きません。より高く上げるには、達成感や自己決定感を増強しなければいけないのです。そして我々は、そこに人間拡張を使おうではないかと考えたわけです(図 25)。

これでいろいろな共同研究ができると考えていたところ、話が来たのは建設機械会社の小松製作所（以下、コマツ）さんでした。コマツさんのクライアントである建設業というのは 3K 職場で離職率が高い。コマツさんはこの 3K 職場のクライアントのワークエンゲージメントを高めて、新しいサービスをやりたいというのです。

ご存じのとおり、コマツさんは建設機械に IoT を載せた『Komtrax』という仕組みを持っておられて、建設機械の状態データをたくさん取って予防メンテナンスをしているわけですが、今度は建設機械の予防メンテナンスではなくて、同じようにセンサーを使って、それを操作している人の状態をモニタリングしようと考えていました。

では、どのようなセンサーでモニタリングをするか、そしていかにして疲労やスキルなどの度合を測るか、ここは心理学に詳しいメンバーの出番です。また、集めたデータをどのようにクライアント向けのサービスにデザインしていくかは、サービス工学のメンバーが担います。最近の建設機械ですから、当然、遠隔操作が前提というのがあって、その部分には VR 分野のメンバーが入り、遠隔操作でも実機操作と同じことができるようにします（図 26）。

実際には遠隔操作の方が画面にいろいろなものを表示できますので、何が表示されるとよりスキルが向上するのかといったことなどの研究成果も出ています。

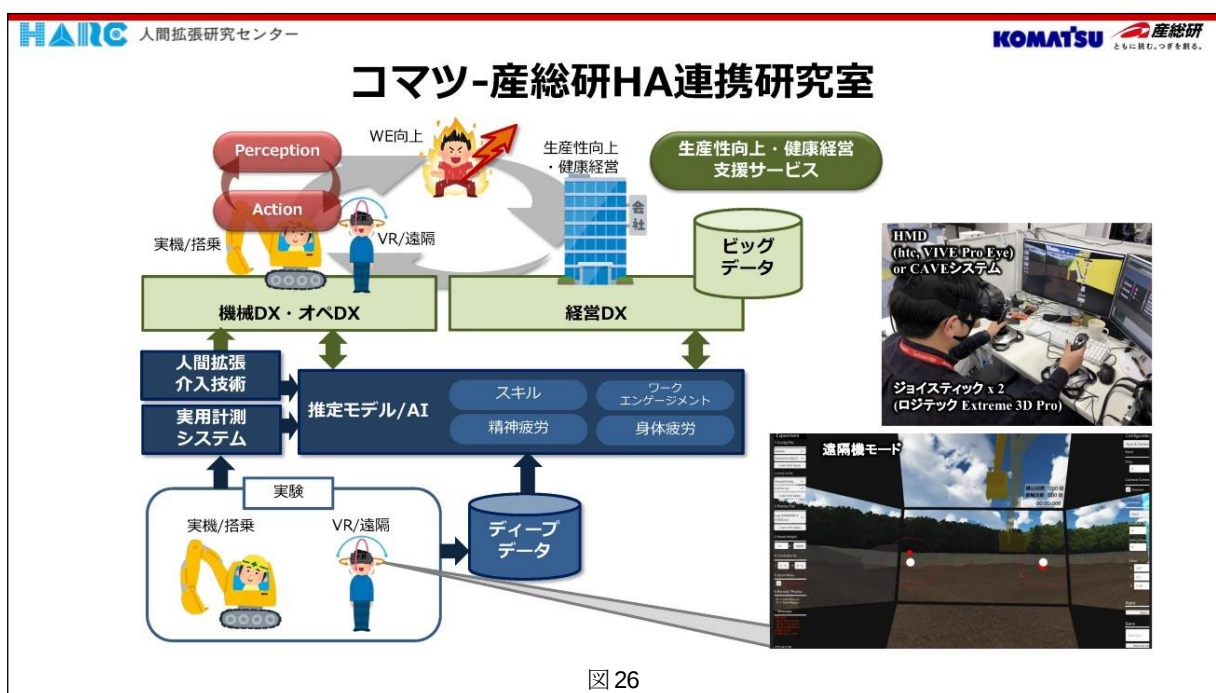


図 26

コマツ-産総研HA連携研究室、第2期へ

・ コマツの新しい中期経営計画に沿った、新しい第2期の研究プランを提案

- 商品、サービス、ソリューションの3本柱で、顧客にとってのESG価値を高め、収益を上げながら持続的に回していく
- 「ソリューションを目指す」中期経営計画から、「ソリューションを持続的に産み出す」中期経営計画へ

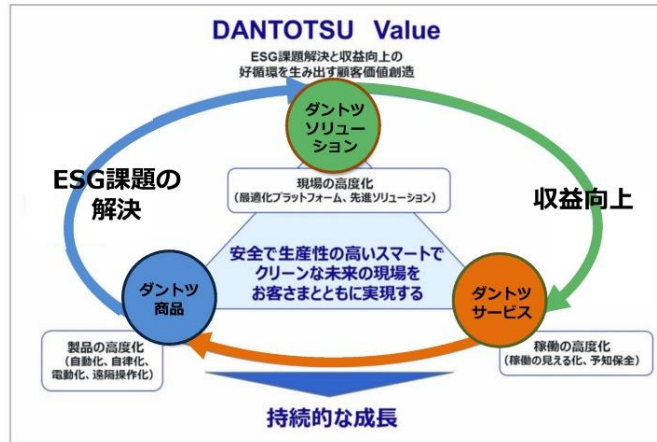


図 27

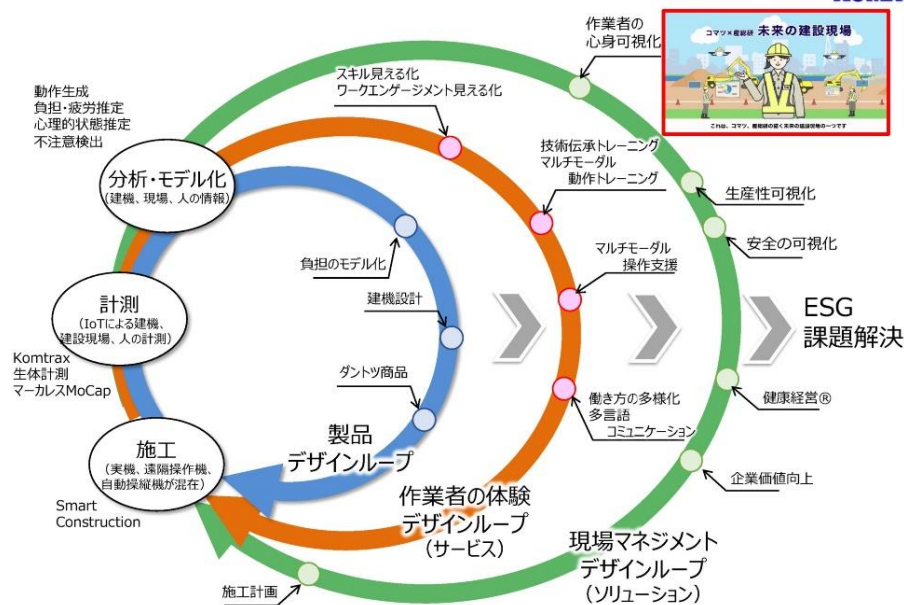


図 28

図27はコマツさんの中期経営計画です。コマツさんは商品、ソリューション、サービス、この3つをぐるぐる回しながら、データと新しいレベニューを得ていこうとしています。

我々がコマツさんと行っている共同研究も同じサイクルになっています(図28)。中心の青いサイクルは、使い勝手が上がるように建設機械をアップグレードしていくという製品のサイクルです。次のオレンジのサイクルは、先述の建設機械の操作者の疲労を低減したりスキルを高めたりするサービスのサイクルです。ここでは直接お金を取れないのですが、その外側の緑のサイクルにはクライアント向けのソリューションがあって、ここでサービスの課金をする、このような3つのサイクルで行っています。

我々の人間拡張研究センターでは、最初にお話ししたようなウェアラブルなセンシングで人の状態を測って、人間の筋骨格や心理のモデルで状態を推定して、それに基づいてVRやロボットで介入して、人の状態をより良い方向へ変えていく、ということを行っています。また、ウェアラブル化、そのセンシングなど、それぞれの段階での使用技術が人間拡張の要素技術ということになります。

大学との大きな違いは、論文を出して、あとは産業界にお任せではなくて、我々は産業界と一緒に人間拡張産業を作っていくところを強く志向しています。

MaaS（モビリティ・アズ・ア・サービス）というものがあありまして、車を売っていた自動車会社がサービス化していく時代です。人間拡張技術も同様に考えます。図 13 で子供が来ていた人工筋肉スーツを売るのはではなく、これはレンタルしてしまっ、そこで得られるエンターテインメントの体験や生産性向上に対して課金をする、これが“ヒューマン・オーグメンテーション・アズ・ア・サービス”の考え方です。我々は最初からこれを狙うべきだろうということで、サービスを担当するメンバーを入れました。

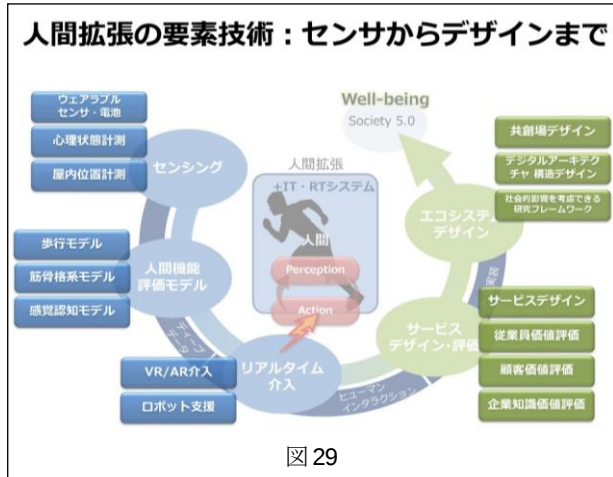


図 29

図 29 は要素技術のセンサーからデザインまでの流れを整理したのですが、私は継続を重要視しています。なぜかという、サービスにおいて最も大事なのが継続だからです。例えば、自動車会社から車を買って、そのまま乗らずに駐車場にとめておいても、自動車会社は全く損をしません。料金は全部前金で頂戴する仕組みになっているからです。

ところが、MaaS になると話は逆です。乗らない車からはお金が取れないので、自動車会社としては車を買ってもらうのではなく、その車でドライブ体験を継続してもらうことで、持

続的にお金を得ることが必要になります。もし、継続を人間拡張がサポートできるなら、それはよりサービス化に向いているということになります。そこで、サービスをデザインするメンバーと、またそこに多くのステークホルダーが絡んでくるので、そのエコシステムデザインを担当する研究者が入っています。

図 29 でメンバー構成を説明すると、左側の青いところがセンサーやロボット、バーチャルリアリティといった、産総研らしい技術で、ここで全メンバーの 3 分の 2 を占めています。あとの 3 分の 1 のメンバーは図 31 右側の緑のところになりますが、いわゆる社会技術と呼ばれるような分野に充当していて、これらのメンバーをそろえて、先ほどの SOMPO さんやコマツさんの案件に対応しています。

メタバースと人間拡張

次はメタバースの話になります。メタバースというのは科学技術の用語ではなくて、SF から出てきた用語です。メタというのは“別の”とか“上の”という接頭語で、「ユニバースに対して別の上の世界」という意味になります。今は、コンピューターやネットワーク上に構築された 3 次元の仮想空間や、その上でのサービスを指しています。

デジタルツインとメタバースはよく似ていますが、例えば、『あつまれどうぶつの森』はメタバースで、デジタルツインではありません。現実にもそのような森はないからです。『バーチャル渋谷』はデジタルツインでありメタバースでもあります。デジタルツインとメタバースはこのような関係にあります。

さて、メタバースという言葉が流行する前ですが、仮想空間を使っいろいろなトレーニングを開発しています。図 30 は溶接作業のトレーニング用ということで、視覚だけではなく触覚フィードバックも使って、いち早く熟練者と同じレベルに育成するというを行いました。

人間拡張研究センター

仮想空間を使った作業トレーニング

- ・ VRによる溶接作業トレーニング
 - － 視聴覚だけでなく、触覚刺激も併用して作業姿勢を教示
 - － 学習時間3時間を1時間に短縮
約66%の作業効率化を実現

視触覚提示VRトレーニングシステム

学習前 学習後

図 30


 人間拡張研究センター



 戦略的イノベーション創造プログラム
Commercial Strategic Innovative Promotion Program


 産総研
ともに築き、つぎを創る。

仮想空間を使った業務トレーニング

- 仮想環境と仮想顧客による遠隔接客業務トレーニング**
 - 実際のサービス環境を模擬した仮想空間で、想定顧客のAvatarにどう振る舞うかの訓練
 - 次々と想定顧客が訪れ、それに気づき、どう対応するかのトレーニング
 - 仮想環境に視線、行動記録がデータとして記録され、それを再生して、異なる時空間で指導が行われる



大槻麻衣, 大隈隆史: 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション, 2020-HCI-187(13). (情報処理学会 山下記念研究賞受賞)

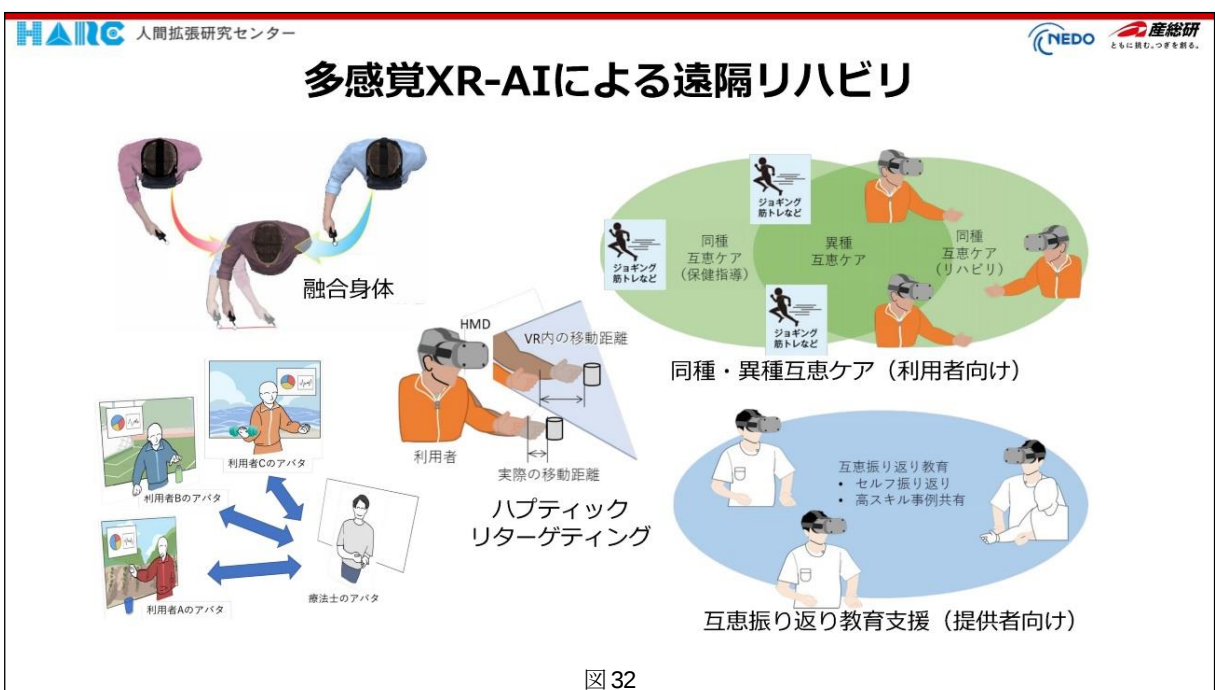
図 31

図 31 はファミリーレストランの新しい従業員をトレーニングするための仮想空間で、ロイヤルホストさんと共同開発しました。

実は、ロイヤルホストさんはトレーニング専用のレストランを持っています。通常はそこに集まって、お客さん役と店員役で分かれてトレーニングを行うのですが、コロナ禍で集まらなくなりました。仮想空間に専用のエリアをつくって、お客さん役はAI Avatarにしました。新人の従業員が訓練者となり、ゴーグルをつけて仮想空間の中に入って、マニュアル通りに動けるか、視点の向きが正しいかなどを指導者がチェックするという形になっています。

ロイヤルホストさんはファミリーレストランなので、究極のおもてなしというよりは、いかに早くお客さんを発見して待たせないかということが重要になっています。それに伴ったシナリオをつくってあって、注文を受けている間に次のお客さんが来てしまったり、ちょうど料理が出来上がってしまったり、それをいかに待たせずにきちんと対応できるかというようなことをチェックできるようになっています。

最初は仮想空間にトレーニング用の店舗を作ったのですが、よくよく考えたら個々の店舗でトレーニングをすればよいことが分かりました。仮想空間だから何でもできるわけです。我々はマップエディターを用意しまして、それを各店舗でシステムをカスタマイズして、そこでトレーニングするという形で使われています。



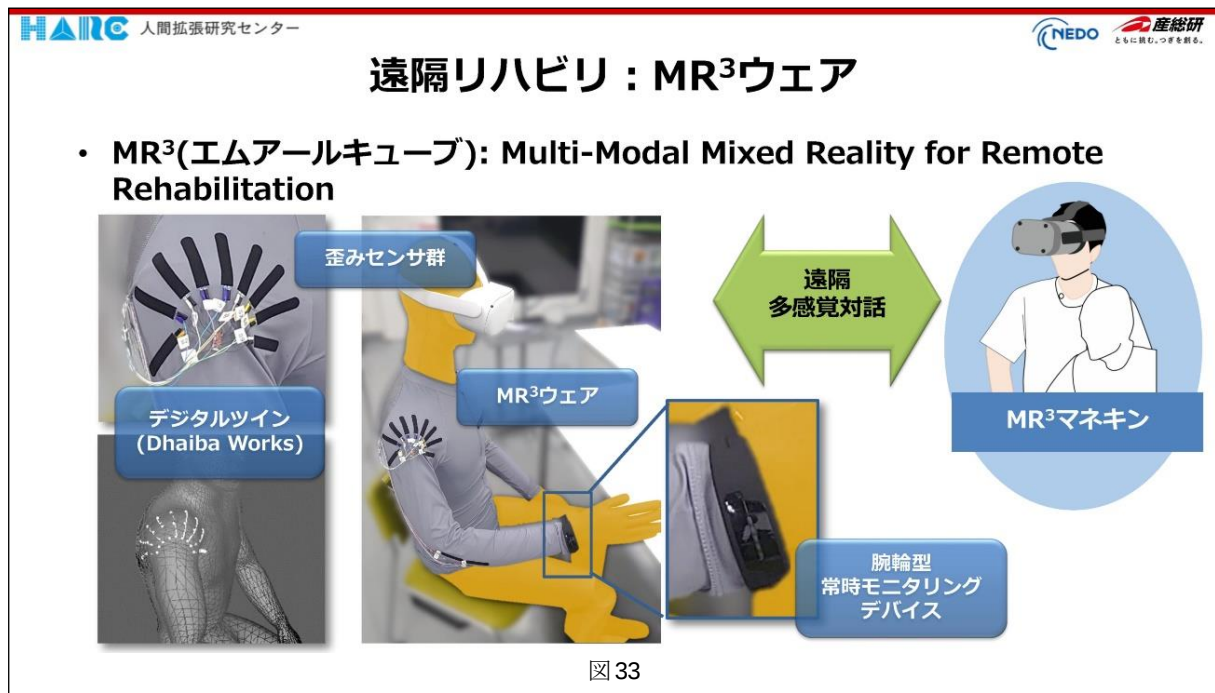


図 33

図 32 はもう少し進んだものとなります。人口減少が一番効いてくるのが地方です。地方は急激に過疎になると、病院へ通うことが大変になります。そこで、遠隔でリハビリテーションをしようというものです。図 32 では病院側を青で示しています。右下の青いところでゴーグルをつけているのは理学療法士（以下、PT）で、手を添えられているのはロボットです。

緑は患者さんの家を表しています。患者さんがオレンジの服（MR³ウェア。以下、リハビリ服）を着ていますが、この服で患者さんの動きをモニターし、それがリアルタイムで病院のロボットに再現される仕組みになっています。PT にはロボットに患者さんが重なって見えるようになっているので、患者さんを相手にしているのと同様にリハビリを行うことができるわけです。

患者さんのほうにもロボットが欲しいのですが、病院側のロボットと違い稼働率が低く、それでいて必ずメンテナンスは必要になるので、コストパフォーマンスが非常に悪くなります。

そこでマルチモーダルを利用した錯覚を使うことにしました。リハビリ服には PT が触っているロボットの部位と同じところに熱や振動を伝えて、そこに視覚の情報とささやくような音の情報を加えます。そうすると、患者さんがこれを錯覚して、PT に押しもらっている感覚で体を動かしてくれる、このような仕組みになっています。

リハビリ服に使用しているセンサーは、図 10 のマスクに使っていたセンサーと同じように自家生産のものです。これで患者さんの体の動きを測り PT 側に送っています。これは NEDO のプロジェクトで、京都にあるリハビリテーション病院と柏の葉との間で実証実験をしています（図 33）。

最近は、このような仮想環境が心理実験でも使われるようになってきているので、我々は仮想環境が簡単につくれるツールを用意しています。実験環境や条件が整いやすいので非常に便利です。認知心理学者は、Unity（ゲームなどで使われる VR 環境開発環境）を使うのがあまり得意ではないので、そこでノー

コードでできるようなものを用意して学会で配っていたのですが、企業からも使いたいとの要望が出てきたので、コンソーシアム（拡張体験デザイン協会 URL : https://unit.aist.go.jp/harc/daax/d_cns_index.html) を立ち上げました。メンバーにはメーカーさんもありますが、せっかくなので 0 から作るよりも産総研のツールを提供する形で活動しています。

街の住民と連携した社会実装研究

さて、何度も出てくる柏の葉ですが、我々はこの社会実装研究を進めるということを行っていて、その活動を Social Lab と呼んでいます。つまり、我々は産総研の建物と実験室がある柏の葉の 2 キロメートル四方の街全体を一つのラボ化しようと考えています。ここには住民が 2,000 人ぐらいいて、三井不動産が用意してくれた交流の場もあります。そこに我々のデザイン方法論を持ち込んで、産総研や東大の研究機関、市民、行政、企業と一緒に、ここを一つのサンドボックスとして、我々と共同研究したサービスを実証しています。

交流の場の一つに『みんなのまちづくりスタジオ』（以下、みんなスタ）というものがあまして、我々がこの中に入り、実際に地域住民の方々といろいろな形でワークショップを行っています。

例えば、高齢者になったらどうありたいかといったワークショップを、これは任意参加で別に報酬が出るわけでもないのですが、結構前向きな住民の方々が一緒に行ってくださいます。それを我々が仮想空間や実際のラボで試したりして、この結果を再びワークショップに反映していきます。

このようなことを進めると、4 つぐらいのチームで生きがいのある街みたいなものが描かれてきます。そして、これを我々が更にブレークダウンをして、企業を巻き込んで、具体的なサービスに置き換えて試すことができないかということを提案していくわけです。

柏の葉の街では、自動運転のレベル4を動かそうというプロジェクトが経済産業省主導で動いていて、これに我々も協力しています。ただ車を動かすだけではなくて、街の人たちの生活や行動がどのように変わるか、また、それによって新しいキャッシュポイントが生まれるかということと一緒にしています（図34）。

また、ロボットによる配送サービスであるとか、移動のきっかけをつくるサイネージであるとか、あるいは移動困難者のためのパーソナルモビリティ、こういったものを導入するとどう変わるのか。幾つかは実際に街の中の実験を通してデータを

取って、それをまたサービスデザインにフィードバックする、このようなことを街と一緒に進めているところです（図35）。

また健康の話となりますが、図18でお見せした歩行の実証実験もこの街の方々に協力いただきながら行っていますし、地域の健康コミュニティの中でのスポーツとしては、図16でお見せしたミズノの案件などがあります。ほかにも地域イベントを利用するなど地域の方々に協力してもらいながら、新たに試したもので今度はどれだけ生活習慣が変わっていくのかというようなところを、長期的にモニタリングしていく、そのようなことに取り組んでいます（図36）。


人間拡張研究センター




METI 先進MaaSプロジェクト・テーマ4

- ・ レベル4自動運転の社会実装を中核に、それに必要なインフラストラクチャーの維持費が都市サービスと連携して購えるようなデータ・サービスのデザインと検証
 - － 柏の葉地区など3地区でレベル4自動運転を実現
 - － モビリティに関係する地域内の都市サービス（防災・健康）と連携
 - － 2021年度採択

- ・ 東京大学（幹事機関）
- ・ 名古屋大学
- ・ 産総研
- ・ 三菱総合研究所
- ・ + 柏市、三井不動産ほか

④ 混在空間でLv4を展開するためのインフラ協調や車間・歩車間の連携などの取組

将来像：
・ 2025年頃までに協調型システムにより、様々な地域の混在交通下において、Lv4自動運転サービスを展開。

主な検討課題

- 協調型システムの評価
- データ連携スキームの検討
- 協調型の事業モデル検討
- 協調型システムの国際動向分析・戦略作成
- モデル地域での技術、サービス実証
- テストベッドを活用した検証、アップデート
- 協調型システムの国際協調、標準化提案

将来イメージ

図34


人間拡張研究センター



モビリティサービス創出のための共創

あらゆる人が、よりよい都市生活を享受できるようにするためには、どのようなモビリティサービスがあればいいか？モビリティと都市サービスをどのようにつなげればいいか？

【取組①】 移動のきっかけをつくるサイネージ



将来的には、モビリティ情報と都市サービス（店舗、イベント）を連携。各種予約の一括化。

【取組③】 パーソナルモビリティの活用検討



パーソナルモビリティシェアリングによる、移動困難者の移動支援。そのための文化づくり。

【取組②】 自動配送ロボットサービスの検討



複数ロボット同時制御による、マルチスポット配送サービスの実現。（法律改正により、実験停止中）



共創WS

図35



図 36

これらをやり始めて分かったことは、とても大事な要素が“ヒト”と“方法論”と“場”の3つということです。どの地域でもいきなりできるというものではなくて、柏の葉はもともとゴルフ場だったところを三井不動産がある考えを持って開発し、近くに東大、千葉大もあったので、何となく「こういうことをやる場ですよ」というのが住民の意識の中に入っていたというのが強みです。

場づくりという点でも、みんなスタのような場を三井不動産が仕切ってくれていたりします。実際に、その場を動かす方法論は我々が持ち込んだもので、デザイン方法論と呼ばれるものです。

例えば、地域住民にアドバイザーになってもらい、我々と一緒に活動してもらっています。産総研の一般公開のときに地域住民が1,000人程度来るのですが、その中でも関心の高い人たちに集まってもらって、日常的にコミュニケーションを取れるチームをみんなスタの中に作ったりしています。

それで少し難しい話になりますが、デザイン方法論とは図37のように表せる一つのフレームワークです。柏の葉では、いろいろなワークショップを行っています、それらが何となくできましたというのでは、そこから水平展開することはできません。ですから、我々は一つの方法論として確立して、今度はそれらを別の場所に水平展開していくということをしています。

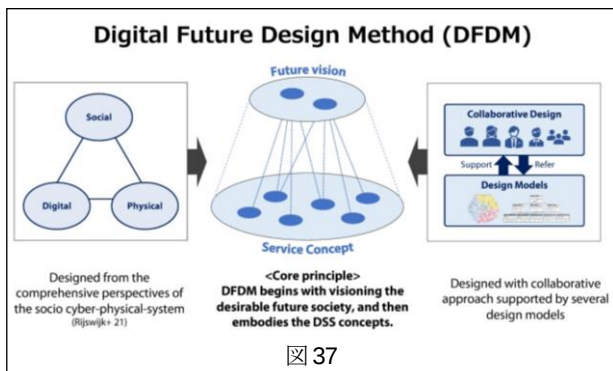


図 37

人間拡張はどこへ向かうのか

ここまでが我々の研究と科学的な紹介となります。残りの話は私の哲学ですので、全てに科学的なエビデンスがあるとは限らない前提で聞いてください。

なぜ私は人間拡張の研究をやりたかったのかについてお話ししていきます。

我々はどれくらい人類をやっているかという、遺伝的にという意味で大体5万年ぐらいです。その5万年間はほぼ生きるのが精いっぱい、ほとんどが飢えているか感染症が心配な状況でした。ほんのわずかなこの100年間で我々は飽食になり長寿命になったのです。

何を言いたいかというと、100年では我々は遺伝的形質を変えることができません。人類が遺伝的な形質を変えるには、最短で2千年、下手をしたら5千年ぐらいかかると言われています。

さて、なぜ我々は太るのか。そもそも5万年間飢えていた我々は、甘いものや脂っこいものといったエネルギー性の高いものを取ると、脳内報酬が出る仕組みになっています。食料にいつ出合えるか分からないのだから、とにかく積極的に取っておかなければいけない。食料を取って消費できなければ、その分はためておく。これは5万年間を生きるには、とても便利な機能で、故に我々はそれを必要として体得してきたわけです。

ところが、この100年で食料がふんだんに手に入って、幾らでも食べられる状態になっても、我々はその機能を止めることができてなくて、どんどん脂肪が増えていき、不健康な体になってしまいました。

くどいようですが、この先5千年ぐらいこの状態が続けていけば、おそらく褐色脂肪細胞の多い人たちが増えていって、たくさん食べても全然太らない人が出てくるのかもしれませんが、それはだいたい先の話ですね。

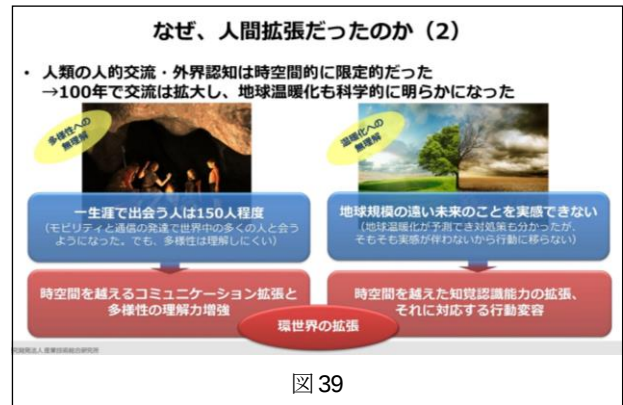


そして高齢化です。高齢化というと長生きと考えられますが、戦国時代でも 80 歳まで生きた人は幾らでもいました。大事なことは、みんなが長生きをするということなのです。寿命は平均で決まりますので、子供の死亡率が高いと平均値を下げます。子供の死亡率が下がると、全体的に平均余命が長くなります。そして感染症を克服し、衛生状態や水が良くなると、さらに寿命は長くなりました。

ただ、こうなると必然的に社会は高齢化します。日本だけではなく長寿命化すると、その過程において必ず高齢化するので

す。そこで、遺伝的に変えることはできなくても、健康意識変革や生活習慣を変えることに何かテクノロジーが使えるのではないかな。高齢者が増えてくるなら、高齢者の心身機能を拡張したり、高齢者を支援したりする技術を効率化すればよいのではないかな。人類を変えることはできないけれども、我々が変えてしまった社会を支援することはできるのではないかな。そのように考えました。(図 38)。

もう一つあります。人類は 5 万年間生きてきましたが、その 5 万年間のほとんどは長距離の移動手段といえば丸木舟ぐらいしかありませんでした。車やバイクもない、ましてやスマートフォンもない。聞いた話によると、その状況では人は一生で 150 人程度にしか出会わなかったといひます。150 人という、すごく少ない気もしますが、人が洞窟に住んでいて、歩いて栗などを取っているような状態を考えると、そんなものかなという



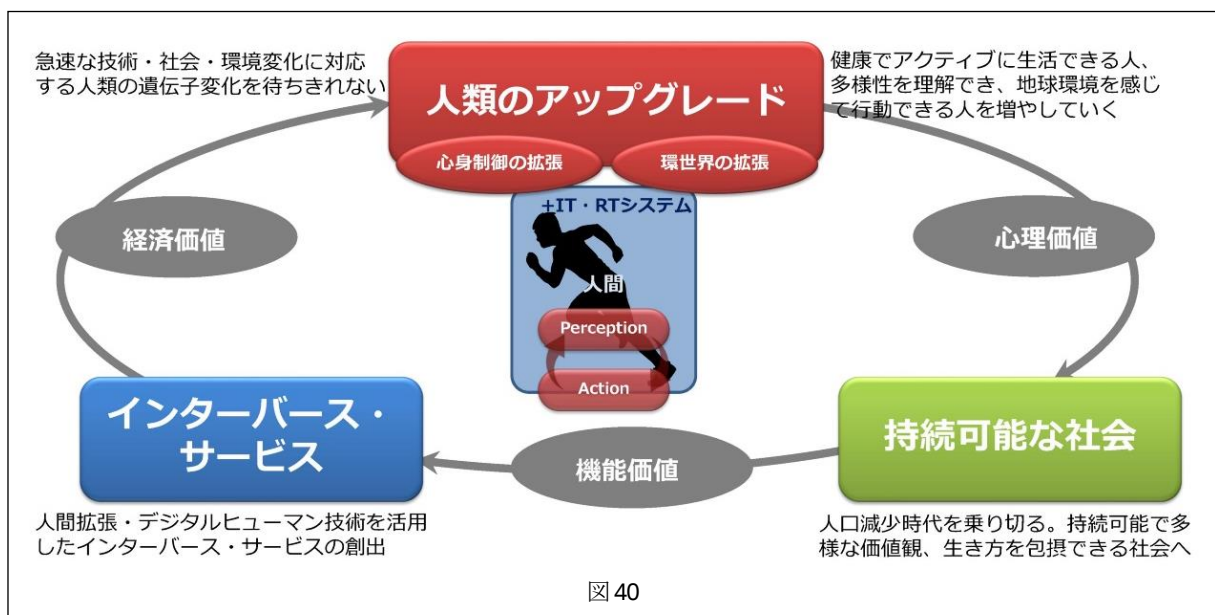
気もしますね。

この 150 人との出会いの中で、生きて死んでいくという環境に脳が最適化されていたとすると、はたして多様性を理解する脳を我々は持っているのでしょうか。つまり、我々は急にものすごい数の人達とこの 100 年で接するようになって、ものすごく多様なものを知ろうとしています。それは悪いことではないものの、実はもともとそこまで理解する能力を持っていなかったかもしれません。

地球の変化も際立っています。縄文時代は現代よりも暖かかったと言われていますが、こんなに急激には変化していません。しかし、昔に比べて急激な変化というものを我々は感じることができていません。この先 30 年後の変化も感じることはできないでしょう。では、なぜこの先 30 年後に環境がどうなるかということを感じられないかということ、それは明日を生きるほうが大事だからです。

このような状況だと、我々は未来のものに対して行動を変化するということがなかなかできません。論理的には分かるのですが、実感できないということです。

したがって、我々は時空間を越えるコミュニケーションの拡張と多様性の理解を増強する、あるいは時空間を越えた知覚認識能力の拡張により、30 年後の変化を理屈ではなくて肌身で分かる、それにより対応する行動変容が起きる、こういうことで人間の環世界を拡張する、こんな考えも持っています(図 39)。



環世界というのは、鳥や昆虫にもあります。人間からみると、なぜこんなところに巣を作るのかと思いますが、その理由は彼らの環世界はそこで閉じているからです。同じように未来の人類からみると、なぜこんなにエネルギーを使っているのかと疑問に思うかもしれません。それは前述の鳥や昆虫の巣の見え方と一緒にです。我々の環世界も実はとても小さくて、これを拡張していかないと残念ながら我々は存続できないかもしれないのです。

我々は、人類のアップグレードというものが必要だと分かったものの5千年は待てないので、何らかのテクノロジーを使いながら、我々自身を我々の作った社会にうまく適応させて、持続可能な社会をつくっていかうと考えています。

一方で、社会を持続するためのエンジンは何かというと、私の理解ではお金や価値です。何らかの経済活動が伴わなければ、持続可能な社会を維持することはできません。そこで、我々はいろいろな形で産業を興して、このサイクルをうまく回していけるようになると良いと考えています（図40）。

以上、人間拡張の話をしてまいりました。ありがとうございました。