

臨床トピックス

人間拡張について

山本美知郎*

はじめに

昨今、「人間拡張」などといった用語をしばしば耳にするようになった。人間拡張とは何か、ウィキペディアによると「一時的か永続的かを問わず、現在の人間が持つ認識および肉体能力の限界を超えようとする試み」と記載されている。また、流行りの Chat GPT に聞いてみると、以下のような返答が戻ってくる。「人間の能力や機能を向上させるための技術や方法を指す。この概念は、医学、工学、情報技術などの多くの分野で展開されており、さまざまな方法で人間の能力を拡張し、向上させることを目指している。」

筆者自身は、人間拡張とは身体的または社会的な disability (障害がある状態) に対する取り組みの1つの概念と広く捉えている。そのため、必ずしも医療に限らず、先端技術だけでも無く、結果的に個人または社会における disability を減じる取り組みであれば良いと考えている。名古屋大学の外科学教室も2020年から先代の平田仁教授の発案で人間拡張・手の外科学と名称を変更している。

人間拡張には様々な方向があり、身体・認知・感覚・コミュニケーションなどが挙げられる(図1)。それぞれについて、概要と我々の取り組みについて述べたい。

I. 身体 of 拡張

身体 of 拡張について、最も分かりやすい例は義手や義足である。人間拡張 of 歴史的な記載として、光学顕微鏡 of 開発により視覚機能が拡張したと書かれた文献¹⁾があることを思えば、眼鏡や補聴器や杖など様々な装具も人間拡張と言える。再生医療や臓器移植なども身体 of 拡張と考えられる。自身の専門分野(整形外科・手外科)で言えば、脚延長や神経血管柄付き遊離筋肉移植などが挙げられる。本邦では vital organ (命に関わる器官) 以外(たとえば手や顔面)は禁止されているが、海外ではいくつも報告されている。当教室においては、AI を用いた義手 of 開発²⁾や末梢神経内への運動神経細胞移植による運動機能再建(動物実験)など³⁾を報告しており、研究を進めている。

II. 認知 of 拡張

認知 of 拡張では、脳機能 of 解析と brain-machine interface (BMI) of 開発が進んできている。筋委縮性側索硬化症で寝たきり状態の人が、希望する介護のメニューを脳波 of 事象関連電位を用いて指示することが既に可能となっている⁴⁾。当教室においても脳波 of 事象関連電位を用いた BMI による運動機能再建に取り組んでいる。また、教室 of 岩月らは、複合性局所疼痛症候群(CRPS: complex regional pain syndrome)患者においては脳 MRI と脳磁図を用いた解析により、脳内 of 接続性異常を検出しており、目に見えない“疼痛” of 可視化に取り組んでいる⁵⁾。

— Key words —
人間拡張, 手外科

* Michiro Yamamoto: 名古屋大学大学院医学系研究科
人間拡張・手の外科学 教授

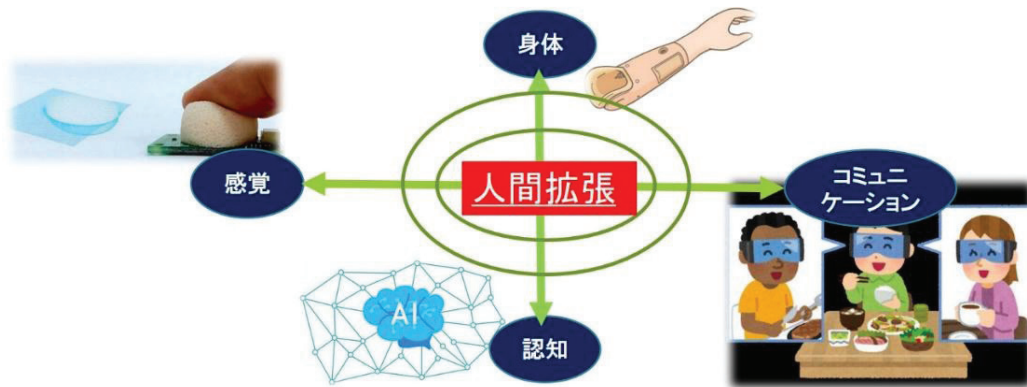


図1 人間拡張の概略図

Ⅲ. 感覚の拡張

感覚の拡張においては、視覚・聴覚・味覚・臭覚・触覚の拡張が考えられる。我々の分野と特に関係が深いのは、視覚と触覚の拡張である。視覚の拡張は前述した眼鏡や顕微鏡の他に、virtual reality (VR) や augmented reality (AR) も該当する。AR は拡張現実であり、現実世界に virtual な情報を加えたものである。整形外科・手外科の分野においても手術時に AR を利用して、そのままでは見えない情報を加えて提示する技術が開発されている。当教室では肘関節鏡手術のモニターに術前検査で得た MRI 画像から正中・橈骨・尺骨神経の 3 次元情報を抽出し、関節鏡モニター上にリアルタイムに重畳表示する技術を開発している。高精度な motion tracking と通信システムを必要とするが、臨床応用が目前まできている⁶⁾。

触覚の拡張は、様々な分野で応用が進むと予測している。例えば、後述する遠隔触診システムの開発において高精度センサーが利用されている。人間の指先による 2 点識別能は 10 - 20 歳代で 3 ~ 6mm 程度だが、年齢とともに低下し 60 歳代では平均で 9mm を超えている⁷⁾。図 1 にあるように、最新の圧力センサーと比較した場合、人間の触覚精度は劣っているが、センサーにより触覚をデジタル化することで数値として認識され、低下した触覚の拡張も可能となる。さらに、再生医療に

よっても触覚は拡張する。当教室で行ってきた動物実験では、損傷した末梢神経の遠位断端内へ後根神経節細胞を移植することによって感覚受容器が再生することを報告している⁸⁾。

Ⅳ. コミュニケーションの拡張

コミュニケーションの拡張は、通信技術の進化に伴い急速に進んでいる。2023 年現在では、スマートフォンの普及率が本邦では 96% を超えている (モバイル社会研究所)。コロナ禍を経て、ウェブ会議や遠隔診療などが日常的に行えるようになった。これまでの遠隔診療では視覚と聴覚を用いた情報収集であるが、当教室では他の研究機関や企業と共同で遠隔触診システムの開発に取り組んでいる。先述のセンサー技術を用いて、触覚情報を振動・温度・力の 3 つの要素に分解して伝送し、再構成する仕組みである。これまでの視覚と聴覚情報のみによる遠隔診療に触覚情報が加わることで遠隔で触診も行い、診療精度や医師患者双方の満足度が高まることを期待している。

おわりに

本稿では、筆者の教室が様々な方向に人間拡張技術を開発していることを紹介した。もちろん、手外科の臨床が最も重要な業務であり、得られた新しい技術を手外科診療の発展に結び付けることを目指している。

利益相反

本論文に関して、筆者が開示すべき利益相反はない。

文献

- 1) Hook R : Micrographia : or, some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses. London : J. Martyn and J. Allestry, 1665. (first edition).
- 2) Oyama S, et al : Biomechanical reconstruction using the tacit learning system : Intuitive control of prosthetic hand rotation. *Front Neurorobot.* 2016 ; 10 : 19.
- 3) Kurimoto S, et al : Transplantation of embryonic motor neurons into peripheral nerve combined with functional electrical stimulation restores functional muscle activity in the rat sciatic nerve transection model. *J Tissue Eng Regen Med.* 2016 ; 10 : E477-E484.
- 4) 長谷川良平 : Brain-Machine Interface がつくる未来の社会. *精密工学会誌* 2017年 ; 83 卷 11 号 : 983-987.
- 5) Iwatsuki K, et al : Chronic pain-related cortical neural activity in patients with complex regional pain syndrome. *IBRO Neurosci Rep.* 2021 ; 10 : 208-215.
- 6) Yamamoto M, et al : Experimental pilot study for augmented reality-enhanced elbow arthroscopy. *Sci Rep.* 2021 ; 11(1) : 4650.
- 7) Shimokata H, et al : Two-point discrimination test of the skin as an index of sensory aging. *Gerontology.* 1995 ; 41(5) : 267-72.
- 8) Asano K, et al : Innervation of Meissner's corpuscles and Merkel -cells by transplantation of embryonic dorsal root ganglion cells after peripheral nerve section in rats. *J Tissue Eng Regen Med.* 2021 ; 15(6) : 586-595.