

ニューロリハビリテーションを実現する 外骨格ロボットおよび介入エンジンの開発

株式会社国際電気通信基礎技術研究所（ATR） 脳情報通信総合研究所 主幹研究員 野田 智之

我々は、高齢や疾病に加え、脳・中枢神経障害で運動機能で体が動かせなくなるリスクを抱えている。脳卒中麻痺は国内患者数が350万人であり、寝たきりの後遺障害リスクが非常に高い。リハビリテーション（リハビリ）医療は、ADL向上・復職・自律生活の実現健康寿命延伸の鍵であり、社会的な要請を背景に、高度化・効率化のニーズが高まっている。1990年後半にかけて脳・神経に可塑的变化が起こることが知られるようになり、損傷した神経障害に代わる新しい回路を構築するリハビリ（いわゆるニューロリハビリテーション）が注目されるようになった。

ここ10年で上肢・下肢用のアシストロボットが国内外で数多く開発され、臨床現場に普及し始めている。しかし、現状のリハビリロボットが提供するものは、基本的にはリハビリテーション中の運動量の増加や可動域訓練である。歩行ロボットであれば歩行量を、上肢ロボットであれば反復量を増やすことが目的である。今後は、量だけでなく質を高めるために、ニューロリハビリテーションを実現するロボット・人工知能（AI）技術が求められるようになる。特にヒューマンセンシング技術の重要性が高まる中での課題と必要な基盤技術のとらえ方、さらにヒューマンセンシング技術によるインタフェース技術、さらにロボット・AI技術の開発についてご紹介したい。

運動障害の麻痺を治療するニューロリハビリテーション実現のためには、脳・神経経路における運動意図を検出するヒューマンセンシング技術が必要であり、大きく分けて3つ存在する。まず1つ目は、脳・中枢神経系から直接情報を検出しロボットとインタフェースするBrain-Machine-Interface（BMI）技術である。BMI技術の比較軸として、電極の侵襲性と安定性、装置のサイズ（大型・小型）、情報量とノイズ、計測原理などである。特に、非侵襲で小型の脳波計は装置も安価に手に入るようになっている。ATRでは、これまで上肢でリハビリが難しかった肩関節のニューロリハビリテーション

のために、BMI駆動の肩アシストロボットを開発し、臨床で実際に患者さんに使っていた。さらに2つ目は筋電技術、つまり末梢神経とのインタフェース技術である。脳波に比べて信号のS/N比が高く、筋電位が検出できる前提であれば動きをアシストできるが、麻痺した手足の筋電位が麻痺により動きが適切でないという前提では、正しくない動きでアシストすることになる。また動きを代償しすぎるとリハビリテーションにならないため、今後、必要最小限のアシストにとどめる目的のセンシング技術の発展が想定される。

BMI技術と筋電技術では、脳から末梢への伝達経路を考えたが、脳を介さない神経活動、つまり脊髄神経経路の評価技術が3つ目のニューロリハビリテーション技術である。歩行は脊髄神経経路を介在した神経活動（CPG）の存在が知られており、歩行リハビリテーションでは、脊髄神経経路の賦活を考慮する必要がある。ATRでは、脊髄神経経路を正しく賦活して、麻痺歩行へ介入するというコンセプトで、下肢リハビリロボットを開発している。ここでは、麻痺歩行のリズムを正しくリアルタイムに検出するという技術や、荷重入力や神経経路の評価技術が必要になる。

ヒューマンセンシング技術の発展で、リハビリテーションで麻痺への介入や運動の回復が見える化・定量化できるようになると、リハビリロボットの使われ方を学習し、最適化する人工知能（AI）技術が登場するようになる。麻痺は非常に多様で、リハビリ医療による介入も千差万別である。現状のリハビリの高度化は、熟練療法士のカンや経験に依存しているところが大きい。リハビリテーションにおける回復過程や介入プロセスを定量化しデータベース化し、介入プロセスの最適化を支援するAI（介入エンジン）が開発されれば、今後のリハビリ医療の高度化・効率化が期待できる。講演ではATRでのAI基盤技術開発として歩行介入エンジンの開発プロジェクト、介護や運動学習への展開も紹介する予定である。