

「リハビリテーション工学」の新たな構築のための調査研究

New concepts in rehabilitation engineering

代表研究者	国立リハビリセンター研究所障害工学研究部長 Director, Rehab. Engineer. Div., Res. Inst., NRCD Shigeru YAMAUCHI	山内 繁
協同研究者	国立リハビリセンター研究所長 Director, Res. Inst., NRCD Yasuhiro HATSUYAMA	初山 泰弘
	東京大学工学部精密工学科教授 Prof., Fac. of Eng., Univ. of Tokyo Takezumi DOHI	土肥 健純
	東京工業大学工学部生物工学部生物工学科助教授 Assoc. Prof., Tokyo Inst. of Tech. Yoshito IKARIYAMA	碓山 義人

Current status of rehabilitation engineering in Japan has been briefly reviewed and it has been concluded that R & D ability in technical aids in Japan is now catching up to the engineering level in Europe and USA.

New types of practical equipment have been developed in rehabilitation centers, based on clinical rehabilitation engineering. R & D in advanced technology for rehabilitation engineering is mainly promoted in universities and national research institutes. Emphasis is placed to technical transfer of the developed equipment to technical aid industry.

A new systematic approach in rehabilitation engineering has been proposed, in which a matrix approach plays a main role. A matrix consisting of clinical and engineering approaches in row and column is proposed. To each kind of the disability, it has been concluded that there exists engineering system consisting of (1) sensor, (2) information processing (3) actuator and (4) systems engineering.

R & D policy on technical aids and role of universities, national institutes and private companies have been discussed. Emphasis is placed on the development of flexible manufacturing system in technical aids.

研究目的

社会の高齢化とともに、加齢による障害を補償するための工学的方法に関心が高まってきている。障害の補償のための工学として、従来「リハビリテーション工学」として発展してきたが、高齢化に見合って、従来の義肢、装具を中心とした「リハビリテーション工学」は見直しが迫られている。すなわち、従来の福祉機器の範疇には入らない人工肛門やバイオセンサを利用した機器がリ

ハビリテーションの領域に利用されるようになり、これら先端技術を取り込んだ「リハビリテーション工学」の再構成が必要となっている。

一方、先端技術の展開において、我が国は世界をリードする立場にあるが、我が国において、先端技術が如何にリハビリテーション工学に取り込まれるかが世界的に注視的となっている。

本研究は、上に述べた問題意識に立ち、先端技術に基盤を置いた 21 世紀に向けてのリハビリ

テーション工学において我が国が牽引車の役割を果たすために、リハビリテーション工学をどう再構成し、展開をはかってゆくかをさぐることを目的とし、そのための体系化と、研究開発体制に関する提言を行わんとするものである。

研究経過

我が国において「リハビリテーション工学」は、国公立研究機関（国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所、労災リハビリテーション工学センター、東京都補装具研究所）、大学、ならびにリハビリテーション施設の工学部門において担われている。我が国におけるリハビリテーション工学の現状を把握するために、これらを訪問し、ヒアリングを行った。

同時に、研究目的に沿って以下のサブテーマを設定し、ヒアリングの結果を取り入れつつ、我々の認識を深めていった。

1. 国際的視野から見た我が国のリハビリテーション工学の技術レベル
2. リハビリテーション工学における先端技術の動向
3. リハビリテーション工学の新しい体系化
4. リハビリテーション工学の研究開発体制と福祉機器産業

研究成果

1. 国際的視野から見た我が国のリハビリテーション工学

リハビリテーション工学は、疾病、傷害、加齢などによる障害を補償し、社会復帰のための工学的支援であるから、リハビリテーションの臨床の場における問題の解決を目的とした工学である。我が国におけるリハビリテーションが第二次大戦後欧米、特にアメリカから輸入された概念として成立した経緯から考えて、その工学的支援を使命とするリハビリテーション工学ならびにその成果である各種福祉機器もまた欧米からの輸入・技術転移から出発せざるを得なかったのも当然であろう。

したがって、現在、欧米から我が国の福祉機器、リハビリテーション工学を見る時、主として欧米からの輸出市場として見る視点が大きいのは当然

であろう。実際、我が国の福祉機器マーケットは欧米からの輸入部品によって形成されたと言って過言ではなく、義肢にしても高級品は最近まで欧米からの輸入品に頼ってきたし、それ以外の福祉機器については輸入品かその模倣である時代が続いた。

我々は、我が国における福祉機器の技術開発能力が、近年欧米にキャッチアップしつつあるとの感触を有していたが、ヒアリングにおいてこれについても同様の回答を得た。しかし、現在、我が国が世界をリードしているとの認識はなかった。

この点につき、さらに確認を行うために、定点観測の方法を採用した。定点としては、「リハビリテーション工学カンファレンス」に発表された論文に着目した。このカンファレンスは、1986年より年に1回リハビリテーション工学協会の主催によって開催されており、参加者は主としてリハビリテーション施設において臨床に従事している技術者、理学療法士、作業療法士である。その他、大学、研究機関、福祉機器関連企業からの参加もあり、臨床の現場に即したリハビリテーション工学の実態を比較的良く反映していると考えられるからである。

第1回から第5回までの発表論文数は、それぞれ65, 59, 98, 90, 117件であった。そのうち、臨床上の事例報告以外の、機器開発に関するものに着目すると、コミュニケーション補助機器で日本語処理に関するものを除く大多数は、欧米で開発されたものの模倣またはその改良、使用上のノウハウに関するものであった。この点は、臨床の現場に即した報告であるから、通常の工学系の学会における発表と異なっていることもやむを得ないことである。

このうち、欧米にはないオリジナルな機器、欧米にあっても、通常の工学系の国際学会で報告できる程度のオリジナリティを有する報告数を調べてみた。かなり主観的な判定にはなるが、このような基準に達したものは、第1回から第5回までにそれぞれ1, 1, 2, 3, 4件ずつ見いだすことができた。ここで、同一報告者によって報告されているものについては、最初に報告されたもののみ計

上し、特別講演は省略してある。

60~100 件の報告のうち、オリジナルな機器が 1 件というのは少なすぎるにせよ、3~4 件というのは、欧米と比較しても遜色のないところである。特筆すべきは、ここで採り上げた過半のものが臨床の現場で開発されたものであり、我が国のリハビリテーション工学の現場における技術開発力がそれだけ充実してきたことを示している。

上記の調査においては日本語処理に関するものを除外したが、これを含めると件数は大幅に増加する。いずれにせよ、ここ、数年の間にリハビリテーション工学に関する技術開発力は欧米の水準に急速にキャッチアップしているという感触を裏付けている。

この急速な立ち上がりを支えているのは、高齢化社会をひかえて、介助・介護技術に関する社会的関心の高まりと、それを背景とした工学系学生のこの分野への関心の高まりである。しかし、彼らを受け入れることのできる施設は限られており、実際、この分野の就職事情に関する限り「狭き門」であって、実質的に「買い手市場」となっている。

以上、総括すると、我が国のリハビリテーション工学の技術レベルは、急速に欧米にキャッチアップしており、ほぼ肩をならべる段階にさしかかっていると結論できる。

2. リハビリテーション工学における先端技術
先端技術の開発ならびにその実用化において、我が国は欧米とともに世界をリードする立場にあり、我が国において先端技術を如何にリハビリテーション工学に導入するかが注目を集めている。

何をもち「先端技術」とするかは問題であるが、開発に従事している技術者の大方の見解は、「先端技術の成果を取り入れ、利用している」ということであり、リハビリテーション工学の中で先端技術が展開される可能性については、臨床に従事している技術者の立場からは否定的な見解が多かった。一方、大学および、一部の研究機関の研究者からは肯定的な見解が披歴されている。大学・研究機関においては、臨床よりも先端的な研

究を推進することを目的としているからである。

「先端技術の成果の利用」においては、障害者がパソコンを利用するための技術開発、パソコン利用による障害の補償がほとんどであった。実際、リハビリテーション工学カンファレンスにおいては毎回 20 件以上の発表がなされており、パソコンが臨床レベルで十分に活用されていることを示している。

リハビリテーション工学の中で先端技術の展開されているものとして、今回の調査で浮かび上がってきたのは以下の 5 件であった。すなわち、

1. 機能的電気刺激装置とこれを用いた制御方式の開発（北大・応電研）
2. 文字認識と音声変換に関する開発（製品科研、国立リハセンター）
3. マイクロコンピュータ制御によるインテリジェント義足の開発（兵庫県リハビリテーションセンターと大阪大学の共同開発）
4. 糖尿病性網膜症患者のための血糖値センサ（国立リハセンター）
5. 介護ロボットの開発とそれを支援するためのデータベースシステムの構築（東京大学）

などがあった。この他にも、技術研究組合、医療福祉機器研究所において組織されているプロジェクトがあり、その中にはすでに商品化され、欧米で高い評価を受けているものもある。

ここに見るように、リハビリテーション工学における先端的な技術開発は、主として大学、研究機関ならびにナショナルプロジェクトによって担われている。これは、重化学工業ならびに電子産業における 1970 年代末までと似た構造になっており、いずれは民間の技術開発力の強化によって商品化に直結する部分は民間主導の先端技術の開発へと移行するであろうが、当面、大学、研究機関主導型で推移するものと思われる。

これらの機器の要素技術は他の先端技術におけると同様

1. センサー
2. 情報処理
3. アクチュエータ

から成っており、先端技術の進展とともにその要素技術を転移し、また逆に、リハビリテーションのニーズに見合っこれら要素技術の開発を積極的に推進することによって先端技術の開発を促すという相補的構造が可能であり、今後、意識的に推進してゆくことが望まれる。

3. リハビリテーション工学の新しい体系化

リハビリテーション工学は、目的志向の工学分野であるから、リハビリテーションにおける工学の分担に応じて、1) リハビリテーションシステム工学、2) 筋神経系工学、3) 運動工学、4) 補装具工学、5) 環境改善工学、6) リハビリテーション情報工学、7) リハビリテーション教育工学という七つの部門に分類して整理されてきた。

しかし、これらの部門は、関連するリハビリテーションの臨床の場面に応じた分類であって、臨床目的には合致していても、工学体系としては共通因子が分散してしまっており、研究体制、教育体系のいずれの観点から見ても、工学の現在担っている部門を記述したものに過ぎず、将来の展開のためには新たな視点からの体系化が必要である。

身体機能の障害の補償から社会復帰までのリハビリテーションに即した要素に分割して考えると次のようになる。

1. 身体機能の補償
 - a. 運動機能障害の補償
 - b. 感覚機能障害の補償
 - c. 生理機能障害の補償
2. 社会生活のための補償
 - a. 居住空間の補償
 - b. 職業生活のための補償
 - c. 都市空間の補償

1と2とはレベルの異なる観点からの分類であって、1において実現されるものが2においても十分に生かされるよう配慮されることが必要である。

広義のリハビリテーションのためには上のすべてが必要となるが、工学の分野としては、2に関するものは主として建築工学、都市工学であって他とは趣を異にしているため、教育体系としては必

須ではあるが、福祉機器の研究開発に即して考えるため、とりあえず1の身体機能の補償についてさらに検討する。

ここで呈示した各種機能の補償は、それぞれの障害の性格に応じたものであって、リハビリテーションの個別的な目的を表しており、リハビリテーション工学としては、いわば縦系をなしているものであって、先端技術との相補的な展開を推進するためにはこれらを工学として統括する横系の役割が必要となる。その役割は、要素技術として位置づけるべきであるから、2で述べた要素技術から

1. センサ工学
2. 情報処理工学
3. アクチュエータ工学

に区分でき、さらにこれを統括するための

4. システム工学

を加えておく必要がある。

このように縦系・横系のマトリックスとして体系化することによって、リハビリテーション工学と先端技術とのインターフェイスはより容易になると考える。

なお、何らかの工学のバックグラウンドを有し、新しくリハビリテーション工学を志す学生の大学院レベルの教育体系としては、上記の工学体系では不十分であり、解剖学、生理学などの基礎医学から始まる関連医学の概論ならびに社会福祉概論が必要ではあるが、ここではこれ以上立ち入らない。

4. リハビリテーション工学の研究開発体制と福祉機器産業

2において、リハビリテーション工学の研究開発の現状は、先端的部分は大学、研究機関において推進されていることを指摘した。しかし、これらの成果が障害者によって享受されるためには、補装具、日常生活用具、訓練用具のいずれであれ、何らかの福祉機器として商品化される必要がある。この観点から産業としての福祉機器と、その研究開発体制について検討した。

福祉機器メーカーの開発部門において常に問題とされるのは、開発経費をいかに回収するかとい

う点である。これらメーカーの規模が小さいことに加えて、福祉機器特有の問題がこれをさらに困難にしている。すなわち、

1. 福祉機器は多品種小量生産の典型であり、個々の商品としてのマーケットは小さい。
2. 補装具、車椅子などのように医師による適合を要する製品が多く、また、障害の程度による調整を要するものが多い。
3. マーケットのうち、公費補助、貸与のものもあり、市場性、流通性において他の工業製品と異なる性格を有するが、新規開発製品はこれらの対象とならないことが多い。

このような条件の下で、研究開発を促進し、先端技術の成果を障害者が享受できるためには、研究開発体制を意識的に変革する必要がある。すなわち、大学・研究機関における研究成果をメーカーに効率良く技術転移するとともにリハビリテーション施設において臨床的検証を行い、それを利用する技術の確立をはかる必要がある。

メーカーとしては、公的補助の増大によってマーケット全体の拡大をはかり、それによって開発経費の回収が容易になることを希望しているが、これが研究開発に刺激を与えるとは思われず、自由市場における競争を保証した上で、上に示した研究体制の自発的組織を援助するとともに、大学・研究機関における先導的研究を促進することが当面採るべき方策であろう。

研究開発においてそのような施策が採られたとしてもなお、産業として福祉機器を考えたときに残された問題は、個人に応じた適合、調整に対応できる多品種小量生産のためのシステムを確立する点である。

我が国の産業は、高度成長の時代以来、大量生産システムの確立によって高品質の製品を生産する技術を挺子として発展してきた。福祉機器のための多品種小量生産システムはその対極に位置するものであって、大量生産システムの延長上にこれを位置づけることはできない。

これに対応するために、補装具、車椅子などでは部品のモジュール化が現在既に進められてい

る。すなわち、モジュール化した部品を処方に合わせて組み立てるシステムであるが、これもある程度の生産量のあるものに限られている。

この観点から我々が着目し、提案したいのが、モジュール化をさらに一歩進めてFMS (Flexible Manufacturing System) へと進化させることである。生産システムとしてのFMSは未だ一般的ではないが、21世紀に向けた産業技術として、大量生産システムからの転換が迫られているので、FMSを確立し、普及するためのフィールドとして福祉機器産業を位置づけることもできよう。

さらに、Iで述べたように、我が国における福祉機器開発力は欧米の水準にキャッチアップしていることを考えると、福祉機器産業は国内マーケットのみでなく、世界をマーケットとした開発が可能となっているのであって、このような福祉機器産業の育成が望まれる。現に、ヨーロッパで開発された福祉機器は世界をマーケットとしており、少なくともEC域内での流通を促進するための福祉機器データベースHANDYNETの構築が進められている。

世界をマーケットとするためには、それなりにユニークな商品開発が必要であり、そのための研究開発が必要である。本研究で提案したリハビリテーション工学の新しい体系化もそのための試みの一つとして位置づけたい。

今後の課題と発展

本研究で追求してきたことは、我が国のリハビリテーション工学の現時点における位置付けを与え、我々の立脚点を明らかにし、今後の研究開発の指針となるべき体系化を行うことであった。

我々の提案した体系化が有効性を有するかどうかは、第一には、我々の今後の研究開発の中にかかしてゆく中で検証する必要があるし、第二には、これを工学のみならず臨床の立場からの批判に耐えるものに鍛えてゆく必要がある。

福祉機器産業に関しては、FMSをどう実現してゆくかが最大の課題となろうが、この実現に最も近く位置しているのは我が国の福祉機器産業であり、21世紀に向けての最大の課題であろう。