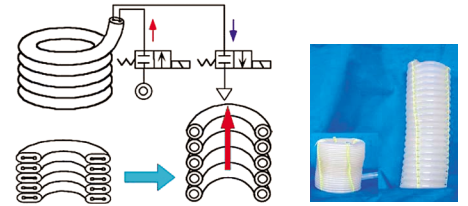


在宅中の患者が1人でも簡便に行える装着型リハビリ支援機を開発。

軽量・高出力の螺旋偏平形チューブアクチュエータと自動装着バンドの開発により初めて実現。

脳卒中などで片麻痺状態になった患者の拘縮^(注1)を予防する装置、あるいは高齢者の廃用症候群予防装置として期待されている。健常側でジョイスティックを操作することで螺旋偏平構造のチューブ内の空圧を調整し、麻痺側に装着したアクチュエータユニットで関節運動を促進。患者の意思に応じた自動助運動ができるため、リハビリ効果が大きい。

- 螺旋偏平構造のチューブ内を空圧で加圧することにより、従来の空圧アクチュエータに比べて大きい変位率と高い出力/重量比80W/80gを実現しました。
- 従来病院で使われてきた電気モータ駆動のCPM装置は、整形外科疾患患者にしか適用できませんでした。それに対し、開発したユニットは、チューブ材による空圧駆動のため、構造上も動作上も柔軟性を有します。そのため、本ユニットは意図しない方向に関節を動かしかねない脳疾患患者に適用しても、関節を痛める危険がありません。
- 片麻痺患者でも簡便に装着できることを目指し、自動的に手首周部に装着できるバンドも開発し、これには、関節運動中に手首の太さが変化しても適切な把持力に制御される機能も搭載されています。



▲螺旋偏平形チューブアクチュエータ (WTA) の駆動原理と外観
内部を空圧で加圧すると自然長の3倍近くに伸長し、なおかつ柔軟な動作を生成できる。

競合技術への強み

	使用場所	メリット	対象者	課題
理学療法士による関節可動域訓練	病院内のみ。	触診によるきめ細かい動作が可能。	整形外科疾患患者・脳疾患患者。	院内では1日20分程度の訓練、退院後の通院が難。
電気モータ駆動のCPM装置 ^(注2)	病院内のみ。	低速・長時間の他動運動。 ^(注3)	整形外科疾患患者のみ。	装置の動作と関節の動作が不一致。
本技術	一般家庭での使用も可。	在宅中の他動運動および自動助運動 ^(注4) を1人でも行える。動作が柔軟。	整形外科疾患患者・脳疾患患者。	在宅の緊急事態における医療判断。インターネットとの情報通信技術を要する。

▲拘縮予防のための関節運動の方法に関する従来技術と本技術との比較表

①軽量、移動の容易さ

樹脂製チューブを材料として使用することにより、従来装置で使われていた金属等の構造部材の重量を削減し、病院外での使用も可能。

②装着の容易さ

自動装着バンドを開発し、理学療法士の手助けがなくてもアクチュエータを患者自らが装着可能。

③可動域制御の容易さ

背屈側（手の甲側の方向）にも100度近くの可動域を設定できるほか、健常側の手により動作方向を自分で制御可能。

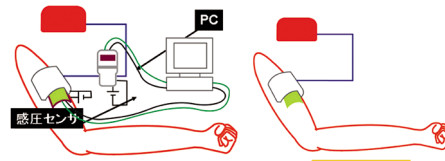
ここがポイント

片麻痺患者や寝たきり生活者など、関節を思い通りに動かせない高齢者が過度な安静状態を続けると、筋力の拘縮やエコノミークラス症候群などの2次的障害（総称して廃用症候群）を引き起こします。その予防策として、現在病院内では理学療法士による関節可動域訓練や、電気モータ駆動のCPM装置による持続的他動運動が行われています。しかし、通院自体が負担となるケースもあり、またCPM装置は「重い、高価、人体と装置間の可動域のずれ、取付けが煩雑、位置制御駆動のため脳疾患患者に適さない場合もある」、などの理由により家庭内への導入は困難でした。そのため、患者にとって退院後のケアが大きな課題となっていました。

そこで、家庭内でも持続して関節運動を提供することを目指し、構造的・動作的柔軟性を有したアクチュエータで構成され、衣服のように気軽に装着可能な、螺旋偏平型ウェアラブルアクチュエータ (WTA) の開発を行いました。本開発装置のポイントは可動範囲の大きさと着脱の簡便性にあります。可動範囲は、WTAの伸長動作にともない内側に紐を手繰り寄せる機構の導入により、背屈側に100度近くの可動範囲を生成することができました。

また、着脱の簡便性に関しては、押しボタン動作で自動的に装置と身体とを把持固定する「Fit-band」

という自動装着バンドを開発しました。これは、内部を空圧で加圧すると断面が丸くなるよう偏平チューブをバンド上の一定方向に複数本配置し、帯状から円筒形状に変形させる構造です。また、バンドの内部には、把持力を一定にするセンサ機能つき柔軟バルブ（Λ（ラムダ）バルブと名づけたもの）も内蔵されているため、関節動作中に体の位置を変化させても把持力を制御することができます。これらの機能の付加により、患者にとって家庭内で気軽に関節運動をしやすい装置に近づいたシステムとなりました。



複雑なシステム

単純なシステム

▲従来の複雑なシステム（左）と本システム（右）の把持力信号伝達イメージ

▶柔軟バルブにより限られた手指機能でも信号を送ることができる



ブレイクスルーへの道のり

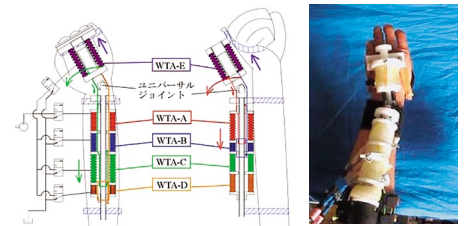
2005年：高齢者における廃用症候群が社会的な問題として話題になっていたことを受け、その解決策の検討をスタートした。研究代表者らのグループでレスキューロボットとして開発していた「螺旋偏平形チューブアクチュエータ」が、軽量・高出力で大きな変位を生成するため適用できるのではないかと考え、手首を動かす装置の構想を練り始めた。その間、リハビリセンターを何度か訪問し、対象とする高齢者に要求される設計条件の情報を得た。諸々の検討結果を含めて、産業技術研究助成に申請し、採択。

2006年：試作1号機を開発し、それを持参してリハビリセンターを再度訪問した。脳卒中による半身麻痺患者に装着してもらい、動作を検証した。装着した患者や理学療法士からのコメントをもとに、実用化のための新たな課題を確認した。

2007年：課題をもとに、試作2号機、3号機を相次いで開発し、患者に装着して検証実験を繰り返した。人体と装置との装着固定方法も検討し、簡便に装着できる装置として実用性の高いレベルにまで到達した。

■サクセス・キー

これまで接点のなかった医学領域の専門家と密に



▲開発した手首の運動促進装置 Tail-wrist-II

前腕部に配置された4個のWTAの伸長力は、ワイヤの張力に変換されて、手首回りの2自由度回転動作を生成する。柔軟な動作のため、手首に過大な負担がかからない。

連絡をとりあつたことから、患者に要求される技術に発展させることができた。

レスキューロボットのために開発した要素技術を、リハビリロボットにも適用できないかと考えた柔軟な思考過程が、発想に幅をもたせた。

■ネクスト・ストーリー

手首関節に加えて、下肢関節にも同様の駆動原理を発展させて、従来のCPM装置に代わる家庭用リハビリ運動支援機として開発を進めて行きます。病院との連携を保ち、臨床実験等も随時行いながら、商品化を目指します。また、状況に応じてリハビリセンターなどへの無償提供も行っていきます。

さらに、インターネットを通じた病院との通信によるマスタースレーブ遠隔操作を組み合わせ、在宅でリハビリ治療が受けられる技術として発展させる予定です。

(注1) 寝たきり、あるいは長期間体を動かさないと筋肉や皮膚など関節周囲の軟部組織が伸縮性を失って固くなり、その結果関節の動きが悪くなること。

(注2) Continuous Passive Motion装置の略。骨折時に関節を固定することで生じる拘縮などに対して、関節可動域を広げるために用いられる装置。

(注3) 自力で動かすことなく、外力により関節を受動的に動かさせる運動。

(注4) 自力で動かそうとする方向に、外力でアシストされながら関節を動かす運動。



プロジェクトID・研究テーマ名・年度

05A35012a「螺旋偏平形ウェアラブルアクチュエータ群の開発とその廃用症候群予防療法への適用」(平成17年度第1回公募)

代表研究者・所属機関・所属部署名・役職名

塚越 秀行 東京工業大学
機械制御システム専攻 准教授