

原著論文

# 装着しやすい歩行支援ロボット“curara<sup>®</sup>”パンツタイプの構造試作 — 衣服感覚のロボティックウェア —

加藤 貴司\*, 竹内 志津江\*\*, 橋本 稔\*\*

\* 地方独立行政法人 東京都立産業技術研究センター, \*\* 国立大学法人 信州大学

## Structural Prototyping of a Pants Type Robotic Wear “curara<sup>®</sup>” — Robotic Wear Like Clothes —

Takashi KATO\*, Shidue TAKEUCHI\*\* and Minoru HASHIMOTO\*\*

\* Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, 2-4-10, Aomi, Koto-ku, Tokyo 135-0064, Japan

\*\* Shinshu University, 3-15-1, Tokida, Ueda-shi, Nagano 386-0018, Japan

**Abstract :** In this research, we developed a flexible and easy to wear pants type robotic wear as a new version of non-exoskeleton type robotic wear curara<sup>®</sup>. Wearable robots are being developed to support independence of care receivers. One of the major problems of existing wearable robots is that it takes long time to wear. Therefore, we aimed to develop a robot wear that can be worn by a user in a short time with no assistance. We achieved this target by combining fiber material with motor power section. Performances of both the developed robotic wear and an existing robotic wear were compared. It was found that the developed robotic wear was able to shorten the wearing time by about 44% while satisfying power assistance and other requirements.

**Keywords :** Wearability, Wearable robot, Clothing integrated type robot

### 1. はじめに

ウェアラブル型のロボットは医療福祉をはじめとした要介護者の自立支援を目的として、様々なロボティックウェアが開発されている。理学療法の分野では身体装着型ロボットを身につけることで、歩行動作が改善されたという事例が報告されている[1]。

これらのロボティックウェアは外骨格型ロボット(図1左)と非外骨格型ロボット(図1右)に分けることができる。外骨格型ロボットは関節間をリンクする金属剛体フレームにより形成され、重量があり、ロボット骨格全体の動きを人体骨格に伝達するという特徴がある。

一方、本件で採用している非外骨格型ロボットは樹脂製のフレームで形成され、関節間の硬いリンクがなく、各関節に直接アクチュエータの力を伝えることで、軽量であり、また

装着者は動きやすいという特徴を持っている[2]。フレームは関節ごとに装着できるため、必要な関節部分にのみ装着してアシストすることも可能である。

### 2. 目的

ウェアラブル型のロボットの理想形は着用者自らが、装着、脱着可能であり、衣服のように着脱できる形状が望ましい。本研究では非外骨格型の歩行支援ロボットの装着性向上に関して、実際に試作開発を行い、その過程において課題の抽出とデザイン・設計面からの解決を目的とした。

### 3. ロボティックウェア curara<sup>®</sup>

本件のロボットは「ロボティックスーツの同調制御法」[3,4]と「ハーモニックドライブギヤ内蔵型トルク計測法」[3,4]の

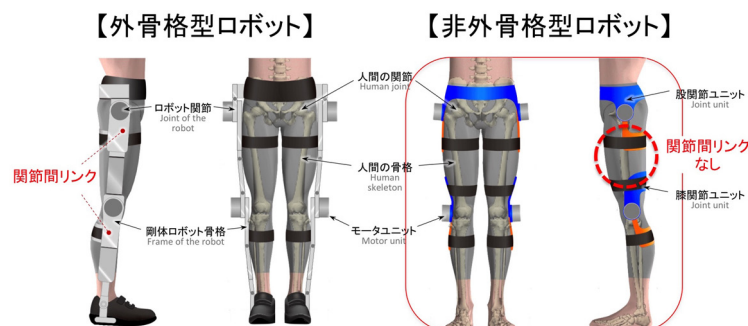


図1 左：リンクのある外骨格型，右：リンクのない非外骨格型

二つのシーズから開発されている。神経振動子を用いた同調制御法で制御されたACサーボモータを動力源とし、フレームに動力を伝えることで、歩行動作の補助を行っている(図2)。これら二つのシーズを用いることで、人体の動作を検出するための筋電位センサーなどを取り付ける必要がなく、装着するのみで歩行動作に合わせた補助力を出力できる点が特徴である。

ロボットの利用者は片麻痺患者を想定し、患者が行う歩行訓練への適用を目指している。ロボットの機能である人体への歩行補助性能は確認できている[5]が、ロボットを一人で装着することが難しい点と歩行動作中に足とモータユニットの固定部に空隙ができてしまう点が問題となっていた。

## 4. 課題の抽出

### 4.1 装着時の課題

既存品であるフレーム型のロボット(以下フレーム型)は股関節モータユニット、膝関節モータユニット、制御コントローラで構成され、これらを人体へ装着し、歩行動作の支援を行うロボットである(図3)。

効果的な歩行補助を得るためには、装着する際に人体の股関節と膝関節の位置にモータユニットの位置を合わせる必要がある。これら位置合わせを伴う装着動作は一人では難しく、複数人が必要であった(図4)。この関節位置の調整はフレーム型では着用する度に行う必要があり、リハビリテーションセンターなどへの導入を検討した場合、患者や介助者の負担になると懸念される点であった。



図2 モータユニットとフレーム



図3 フレーム型ロボット

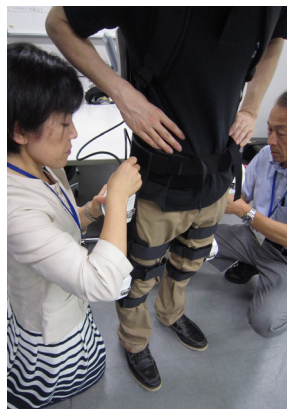


図4 関節位置の調整と装着

### 4.2 歩行補助時の課題

フレーム型はモータの動力を足へ伝達し、歩行動作を補助するために樹脂素材のフレームを足に固定している(図5)。足にフレームを固定しているにも関わらず、歩行中にフレーム固定部に空隙が生まれ、モータユニットが下がってしまい、適正位置である関節位置からズレてしまう問題点があった。

### 4.3 ケーブルが露出している安全面の課題

本件のロボットでは制御信号と電力を送るため、制御コントローラとモータユニットの間でケーブルが必要になる。フレーム型のロボットではケーブル(図6)が外部に露出しているため、歩行動作時に障害物と接触する可能性があり、安全性を確保するためウェア内にケーブルを内蔵させる必要があった。

ケーブルの内蔵化を行った場合、機器の調整などの運用面を考慮するとケーブルの取り外しができることが望ましい。ケーブルの形状はモータユニットに接続されるコネクタ部分が最大直径20.3 mm、ケーブル部分が最小直径4.6 mmである。

先端のコネクタのみ太く、ケーブルは細い形状になっている(図7)。ケーブル経路をコネクタの最大直径に合わせて作成した場合、コネクタ部もケーブル部も通過可能であるが、ケーブル部に対しては余分な膨らみであり、ロボティックウェアに大きな膨らみ(図8)を生むことになり、歩行補助の障害になってしまう問題が新たに浮上した。

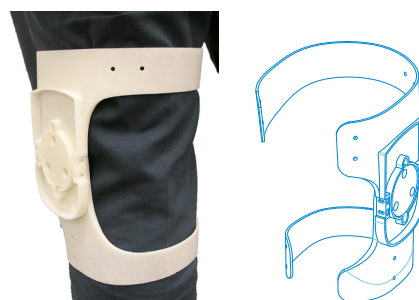


図5 樹脂素材の膝固定部



図6 外部に露出するケーブル



図7 コネクタの形状

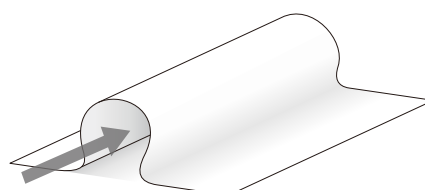


図8 想定されるケーブル経路による膨らみ

## 装着しやすい歩行支援ロボット“curara®” パンツタイプの構造試作

## 5. デザインプロセス

上記の装着時の課題、歩行補助時の課題、安全性向上のためのケーブル内蔵化の課題に対し、素材選定とデザイン・設計の両面から検討を行い、課題を解決できる試作品の開発を行った。

## 5.1 課題解決のための設計方針

既存品では着用する度に関節部とモータユニットの位置合わせを行う必要があるが、これらの位置を装着者の下衣であるパンツに保存することができれば、二回目からの着用は関節の位置合わせを行うことなく、モータユニットを関節の適正位置に配置できる。つまり、初回は関節の位置合わせが必要であるが、次回からの装着はパンツを穿く動作のみで関節の位置合わせが終了できるため、着用時間の短縮と着用者の負担軽減に繋がるのではないかと仮説を立てた。そこで、モータユニットの取り付け位置を保存できるパンツということを設計方針とした。

モータユニットのパンツへの取り付け方法は面ファスナとゴムの張力による固定を用いた(図9)。装着者ごとに関節位置とモータユニットの位置の微調整が必要であったため、接着位置の変更が可能な面ファスナを採用した。またゴムの張力による固定を採用した理由は腰ベルトやサポータといった既知の固定帯の扱い方を想起させることができ、装着者が留めたり外したりを容易に行うことができるためである。

## 5.2 関節位置のズレの原因究明と固定部の試作

歩行時のフレーム固定部のズレと空隙が生まれる原因を解明するために、フレーム固定部の周長の変化を計測した。研究対象者は33歳から67歳までの男女8名を選定した。測定箇所は大転子から下10 cm、膝回転軸から上10 cm、膝回転軸から下10 cmの3箇所(図10)である。直立している



図9 モータユニットのパンツへの取り付け方法



図10 測定箇所

表1 立位に対して屈曲時の足周長の比率

測定箇所	屈曲時の比率の 最小値 (%)	屈曲時の比率の 最大値 (%)
1. 大腿部 (大転子から下10 cm)	102	109
2. 膝上 (膝回転軸から上10 cm)	107	121
3. 膝脛 (膝回転軸から下10 cm)	105	117

状態を立位時とし、しゃがみ込み臀部がかかるとに付いた状態を屈曲状態として周長の測定を行った。体型により周長が異なるため、立位時と屈曲時の周長の比率を求め、各研究対象者から得られた測定箇所ごとの最大値と最小値を求めた(表1)。すべての研究対象者の計測3箇所において、屈曲時に筋肉が動くことで、足部周長が大きくなる変化が見られた。しかし、周長の増加率について体型や性別、年齢による傾向は見られなかった。樹脂素材のフレームはこれらの周長の変化に対し、追従しないことで広がったままの状態になり、足とフレームの間に空隙が生まれていたことが判明した。

表1の測定箇所では2.膝上が最も大きく変化した比率で121%であった。筋肉の動きに対する追従と個体差を吸収する伸縮性を想定し、伸度150%以上のゴム素材を選び、フレーム固定部の試作を行った。これにより、フレーム型で見られた歩行中にモータユニットが下がる課題を解決することができた。

## 5.3 ケーブル内蔵化のためのパンツ試作

コネクタの形状は先端が太く、ケーブル部分が細いため、パンツへ内蔵させるための経路は通過時に入り口が広がり、通過後は細い形状に合わせて収縮できることが望ましい。

これを実現するために経と緯方向の2wayに伸縮性を持つ繊維素材を用いることで、コネクタが通過後に最小直径になるようなケーブル経路(図11)を作成した。伸縮性生地はJIS L1096 8.14.1引張強さ及び伸び率試験B法(グラブ法)において最大点伸度220.0%以上の生地を選定し、ケーブル経路を作成した[6]。これにより、本件で使用している制御コントローラとモータユニットを繋ぐケーブルをパンツへ内蔵することができた。

また洗濯やモータユニットの取り外しに伴い、ケーブルの抜き差しを円滑に行う為に、経路はパンツ外側へ設置し、経路の曲がり角や要所にスリットを入れることで(図12)、ケーブルの通しやすさも考慮したデザインを行った。

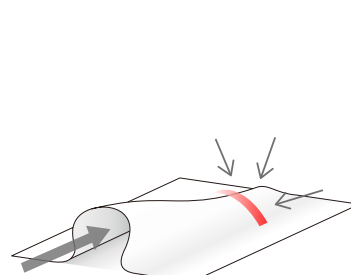


図11 伸縮性を持った経路



図12 スリットのある経路



#### 5.4 装着性向上のためのユニバーサルデザインの導入

開発品の利用者は片麻痺患者であるため、片手でも着用可能なウェア構造を検討した。片手で着用の場合、問題となる部分は股間部のファスナを閉じる動作である。この動作を行うためにはファスナを閉める側の手とパンツを持つ側の手の2つが必要である(図13)。パンツ着用の動作は以下の順番である。

① 足を通し、パンツをウエスト部まで持ってくる

② 片手でパンツを持ち、もう一方の手でファスナを閉める  
片手のみであると①の工程は可能であるが、②の工程を行う際にファスナを閉める側の手が必要であるため、パンツから手を離してしまうことになる。その結果、ウエスト部からパンツが落下し、ファスナを閉める行為が困難である(図14)。

つまり片手で着衣を行う際は手を離した状態でもウエスト部分にパンツが仮止めされている必要がある。そこで、パンツ内に落下防止用のゴム[7]を設けることで、ファスナを閉める際にウエスト部分から手を離した状態でもパンツが落下しない機能を付加した(図15, 図16)。これにより、片手でもファスナを閉じることが可能になり、パンツ型である開発品の着用が可能になった。

また患者の握力低下を想定し、フレーム固定部のベルトは握らずに指を引っ掛けることで、ベルトを締めることのできるフックの設置も行った(図17)。

これらのデザインプロセスから試作された開発品(以下パンツ型)のロボティックウェアを図18に示す。



図18 開発品 curara® パンツタイプ



図13 両手で閉じる動作



図14 片手で閉じる動作

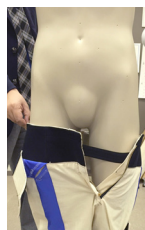


図15 片手での着用

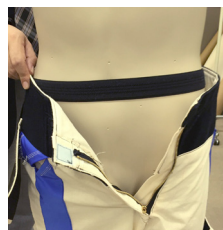


図16 落下防止ゴム



図17 フックの設置

#### 6. 開発品の評価

本開発品の利用者として想定している片麻痺患者は歩行訓練の際に介助者を伴い、杖や手すりなどを用いた訓練を行っているが、より自律的な歩行訓練を実現するために、本件のウェアラブル型のロボットが必要である。また、将来的に在宅介護向けに歩行補助ロボットを導入することを検討するため、患者一人で着脱することが可能かどうか、樹脂と比べて柔軟素材である繊維素材で構成された開発品に歩行補助性能があるかを判断するため、研究対象者を用いた着脱実験と歩行実験を行った。なお実験は、信州大学のヒトを対象とした研究に関する倫理委員会の承認の下に行い、研究対象者には実験内容を説明し、同意書に署名をもらった上で実験を行った。

最初に仮説のもとに試作したパンツ型の装着時間が短くなるかを確認するため、健常者である研究対象者を選定し、フレーム型とパンツ型の着脱時間の比較を行った。次に想定している片麻痺患者が一人で着脱可能かを検証するため鹿教湯病院三才山リハビリテーションセンターに入院されている片麻痺患者にご協力いただき、パンツ型の装着時間と脱衣時間の計測を行った。そして歩行補助性能の検証を行うため、フレーム型とパンツ型を装着した状態で歩行を行い、既存品であるフレーム型と同等の歩行補助性能を発揮しているかの確認を行った。

## 装着しやすい歩行支援ロボット“curara®”パンツタイプの構造試作

## 6.1 フレーム型とパンツ型の着脱時間の比較

比較を行うためにフレーム型の装着に慣れている健常者36歳と66歳の研究対象者2名を選定した。フレーム型とパンツ型の着脱を3回行い、着脱時間の計測後に平均値を求め、比較を行った。

フレーム型(図19)は、未装着からスタートし、腰ベルトと右大転子部、右膝部、左大転子部、左膝部のすべてのフレームを関節位置へ固定するまでの時間と、装着状態からすべてのフレームと腰ベルトを完全に外し終わるまでの時間を計測した。

パンツ型は(図20)、フレームが設置済みのパンツを未装着からスタートし、パンツを着用し腰ベルトと右大転子部、右膝部、左大転子部、左膝部のすべてのフレームの固定ができるまでの時間と、装着した状態からパンツを完全に脱ぎ終わるまでの時間を計測した。装着時間(取り付け)はフレーム型が平均127秒に対し、パンツ型は平均72秒であった。脱衣時間(取り外し)はフレーム型が平均39秒、パンツ型では平均40秒であった(図21)。

初めて装着する場合はフレーム型もパンツ型もモータユニットと関節位置の調整が必要であるが、パンツ型はモータユニットの位置を保存しておくことができるため、次回着用時はパンツを穿く動作のみで適切な位置にモータユニットを配置することができる。フレーム型で課題としていた関節の調整動作を省くことにより、フレーム型に比べパンツ型は装着時間が44%ほど短いという結果が得られた。一方、脱衣には、差が見られなかった。



図19 フレーム型の着用 図20 フレームが設置済みのパンツ型

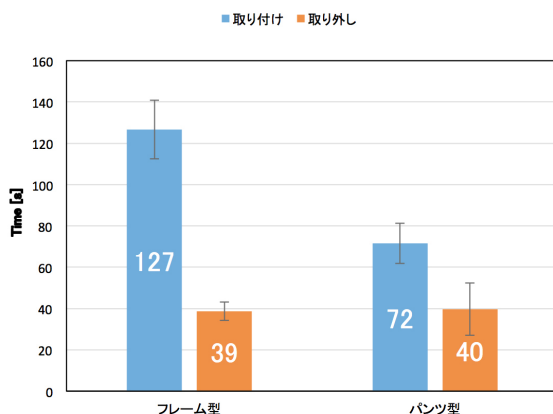


図21 フレーム型とパンツ型の平均装着・脱衣時間の比較

## 6.2 患者への着脱評価

フレーム型とパンツ型の装着を健常者で比較した結果、開発品であるパンツ型では装着時間が短くなるという傾向が見られたため、片麻痺患者を研究対象者として、開発品の着脱評価を行った。実験に同意して頂けた脳卒中片麻痺患者6名(男性3人、女性3人)、年齢:49~79、Brunnstrom Recovery Stage(以下、BRS):上肢V-1~VI、手指III-2~VI、下肢III-2~VIにご協力頂き、フレームが設置済みのパンツ型を一人で装着する場合と脱衣する場合の所要時間の計測を行った。

装着は、「開始」と合図をかけた状態からパンツを穿き、右大転子部、右膝部、左大転子部、左膝部のすべての足へモータユニットと腰ベルトが固定された状態を終了とし、開始から終了までの時間を計測した。脱衣も同様に「開始」と合図をかけた状態から脱ぐ動作を開始し、完全に脱ぎ終わった状態を終了とし、その間の時間を計測した。各研究対象者は2回ずつパンツの着脱動作を行い、その平均時間を表2に表す。片麻痺のレベルが一定ではないため、装着に時間を要している研究対象者も見られたが、パンツ型では研究対象者全員が一人で着脱することができた(表2, 図22)。

ユニバーサルデザインを導入したパンツ型は、落下防止用のゴムを設置したため、片手でもファスナの開閉動作が可能になった。またフックを使用しながらフレーム固定部のベルトを締めることが可能になった。結果として、パンツ型は介助者なしでの装着が可能になった。しかし装着に比べ、脱衣は時間を要してしまう結果となった(表2)。

表2 パンツ型の装着・脱衣時間

被験者No.	時間(秒)	
	着	脱
P001	38	159
P002	75	120
P003	54	132
P004	101	302
P005	78	86
P006	134	152
6名平均	80	158



図22 パンツの着脱の様子

### 6.3 歩行に関する評価

繊維素材で構成されたパンツ型において、歩行動作時にモータユニットからの補助力が足に伝達されているかということを確認するため、樹脂素材で構成されたフレーム型と繊維素材で構成されたパンツ型の比較を行い、歩行動作の補助力に関して検証を行った。研究対象者は脳卒中片麻痺患者6名（男性3人、女性3人）、年齢：45～73、BRS：上肢Ⅱ-1～Ⅴ-3、手指Ⅰ～Ⅴ-3、下肢Ⅲ-2～Ⅴ-3、にご協力頂いた。フレーム型、パンツ型をそれぞれ装着し、ロボットのアシスト無し（以下、アシスト無し）とアシスト有りの状態（以下、アシスト有り）で関節角度と歩行周期の比較を行った。ここでの歩行周期とは片側の同じ足において足が地面に着いてから歩行運動により足が上がり、再び地面に着くまでの時間である。関節角度と歩行周期は4～6回分の歩行から平均値を算出した。ここでのアシスト無しとは、研究対象者がcuraraを装着した状態で、歩行補助としてのモータの制御は行っていないが、ロボットの各関節モータユニットが内部の減速機抵抗力をキャンセルするように制御している状態のことである。アシスト有りとは、ロボットが研究対象者の歩行に同調しながら歩行補助を行っている状態である。

これまでの歩行補助に関する実験で得られた知見[8]をもとに、ロボットが研究対象者の動作に同調する度合いを中程度とし、アシスト無しで得られた歩行周期を100%として、10%短縮した歩行周期90%をロボットの制御条件とし、実験を行った。関節角度と歩行周期の比較において、アシスト無し（100%）に対するアシスト有りの変化率を算出して歩行評価を行った。

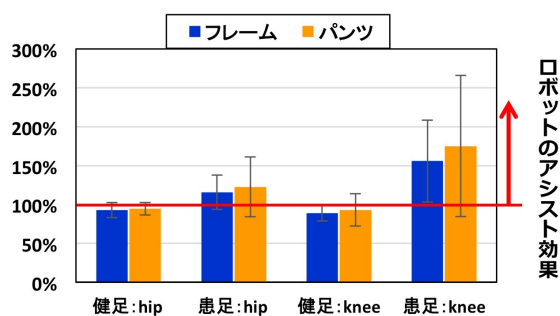


図23 フレーム型とパンツ型の振幅の変化率

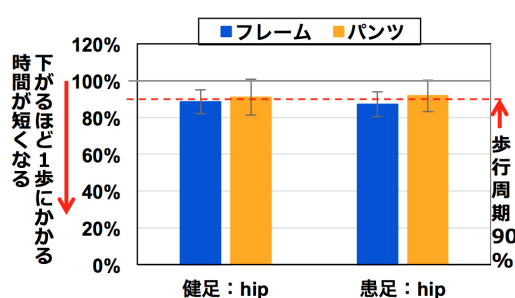


図24 歩行周期90%の変化率

図23、図24の患足とは麻痺症状がある足であり、健足とは麻痺症状のない足である。図23は歩行時の振幅（股関節角度、膝関節角度）の変化率を表している。図中では股関節角度の変化率をhipとし、膝関節角度の変化率をkneeと表記している。歩行時の患足の振幅はアシスト無しの振幅100%（赤色の線）に比べ、約20%～70%強の増幅が確認できた（図23）。

図24の歩行周期の測定ではアシスト無しである100%（灰色の線）と比較し、約10%～20%短縮しており、一歩ごとの足の運びが速くなっている。このことから、繊維素材で構成されたパンツ型であってもロボットの補助力が装着者に伝達されていることを確認できた。

### 6.4 フレーム型とパンツ型に関するアンケート調査

着脱に関する評価と歩行に関する評価を行った後にパンツ型に感じた印象についてアンケート調査を行った。回答者はパンツ型とフレーム型の両方を装着し、歩行を行った片麻痺患者6名（男性3人、女性3人）と、パンツ型の着脱評価を行った片麻痺患者6名（男性3人、女性3人）である。形容詞対を用意し、5段階での評点を記入してもらい、12名の平均値を求めた（図25）。グラフの左側には柔軟な印象の言葉、右側には硬い印象の言葉を配置した。フレーム型（青）、パンツ型（ピンク）を比較するとパンツ型は比較的左側の柔軟でポジティブな印象を得ている。

パンツ型とフレーム型の両方を装着して歩行した片麻痺患者6名の中から装着時の感想として5名の回答が得られた。3名の研究対象者からパンツ型はフレーム型に比べ「締め付け感がない」、2名の研究対象者からは「締め付け感がある」、4名の研究対象者から「とても動きやすい」や「動きやすい」、「アシストをととても感じた」や「感じた」という回答が得られた。

アンケートの「締め付け感」に関してはフレーム型では樹脂素材で構成された硬質素材であったが、パンツ型では繊維素材で構成させているため、物理的に柔らかいことで3名の被検者が「締め付け感がない」と回答したと考えられる。一方で2名の研究対象者が「締め付け感がある」と回答していることから、ロボットの補助力を伝達可能な固定方法と不快感のない衣服圧の両立については課題が残る結果となった。

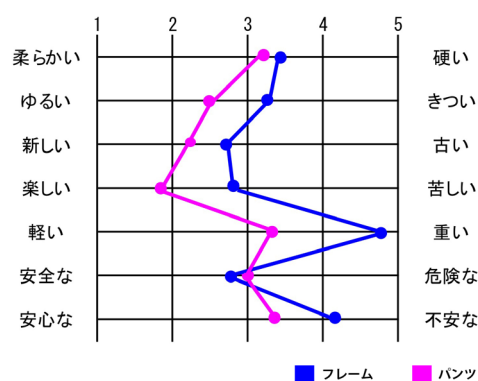


図25 患者へのアンケート結果



## 装着しやすい歩行支援ロボット“curara®”パンツタイプの構造試作

「動きやすい」という感想については、フレーム型では歩行中にフレーム固定部が足の周長に対し追従せず、モータユニットが下がってしまい、足とフレーム固定部の間でズレが発生していたが、パンツ型では歩行中の足の周長の変化に追従する伸縮性のゴム素材を用いているため、足と固定部とのズレが発生せず、パンツ型のほうが動きやすいという感想に繋がったと考えられる。

「アシストを感じた」という感想については6.3歩行に関する評価と同様の結果が得られ、フレーム型と同様にパンツ型においても歩行補助力が装着者に伝わっていることが確認できた。

## 7. ま と め

非外骨格型の歩行支援ロボットの装着性向上を目的に装着時、歩行補助時、安全面の課題を抽出し、パンツ型という仮説を立て、試作を行った。課題の解決には人体計測や素材の選定、アパレル技術、デザイン・設計面からの問題解決を試みた。開発品の評価では装着に関する評価と歩行に関する評価を行ったが、研究対象者数を十分に得ることができなかったため、定性的な評価となった。今後は、研究対象者の数をより多くし、評価精度を高めるとともに、定量的な評価を行いたいと考えている。

研究成果としては非外骨格型ロボットの既存品であるフレーム型の歩行補助性能を満たしつつ、一人での着脱ができ、装着時間がより短い穿くタイプのロボティックウェアを開発することができた。またユニバーサルデザインを導入することで、片麻痺患者にも装着可能になったことがあげられる。

装着に関しては良好な結果が得られたが、脱衣は時間を要してしまうことが課題として残った。時間のかかる要因としては、フレーム固定部に使用している面ファスナとパンツ素材が脱衣中に意図しない部分に接着してしまい、脱衣動作の遅延を招いているケースが観察された。ウェアラブルロボットが通常の衣類と同様に装着者の負担がなく、自由に着脱できることを目指し、装着だけでなく脱衣動作についても分析と検討が必要である。歩行動作の支援が必要な患者への負担軽減を実現し、人体に親和性の高いロボティックウェアの製品化を目指している。

## 参 考 文 献

- [1] 渡邊大貴, 田中直樹, 金森毅繁, 斉藤秀之, 長澤俊郎, 小関迪, 山海嘉之, 柳久子: ロボットスーツ HAL® (Hybrid Assistive Limb®) 福祉用の臨床応用にむけた症例研究, 理学療法科学, 27(6), pp.723-729, 2012.
- [2] 田中浩仁, 竹内志津江, 鉄矢美紀雄, 橋本稔: 拘束感の少ない非外骨格型軽量ロボティックウェアの開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2013 in Tsukuba, 1P1-R14, 2013.
- [3] Zhang, X., and Hashimoto, M.: SBC for Motion Assist Using Neural Oscillator, Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.659-664, 2009.
- [4] 田中浩仁, 大矢卓摩, 橋本稔: 同調制御を用いた高機能軽量ウェアラブル・ロボティックウェアの研究開発, 第14回建設ロボットシンポジウム論文集, pp.251-260, 2014.
- [5] 竹内志津江, 鉄矢美紀雄, 橋本稔: 同調制御を用いたロボティックウェア curara®の開発, 第16回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, pp.1602-1603, 2015.
- [6] 東京都立産業技術研究所編: 繊維技術ハンドブック 縫製技術編, 東京都立産業技術研究所, pp.15-25, 2003.
- [7] 栗田佐穂子: からだにやさしい手作り服, 日本放送出版協会, pp.10-20, 2003.
- [8] Mizukami, N., Takeuchi, S., Tetsuya, M., Tsukahara, A., Yoshida, K., Matsushima, A., Maruyama, Y., Tako, K., and Hashimoto, M.: Effect of the Synchronization-Based Control of a Wearable Robot Having a Non-Exoskeletal Structure on the Hemiplegic Gait of Stroke Patients, IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng., 26(5), pp.1011-1016, 2018.



加藤 貴司 (非会員)

2005年 武蔵野美術大学造形学部視覚伝達デザイン学科卒業。2008年より地方独立行政法人東京都立産業技術研究センターに入所。2016年 同センター開発本部開発第三部デザイン技術グループに配属, 2017年 主任研究員。アパレル技術を応用した製品開発やウェアラブル製品のデザイン開発に従事。日本デザイン学会会員。



竹内 志津江 (非会員)

2012年より信州大学繊維学部, 研究支援推進員。



橋本 稔 (正会員)

1982年 東京大学大学院工学系研究科博士課程退学。同年電気通信大学短期大学部助手, 1987年 電気通信大学電気通信学部助手, 1988年 鹿児島大学工学部助教授, 1999年 信州大学繊維学部教授, 2018年 信州大学繊維学部特任教授。米国ペンシルバニア大学客員研究員。工学博士。モーションアシスト, 高分子アクチュエータ, HRIなどの研究に従事。日本感性工学会, 日本ロボット学会, 日本機械学会, 計測自動制御学会, IEEEなどの会員。