

筋力補助用繊維部材の開発

繊維生活部 ○中島明哉 木水貢

1. 目的

社会の高齢化が進む中、介護作業や農作業における身体への負荷を低減させる各種パワーアシストスーツが注目され、近年その開発が進んでいる。

パワーアシストスーツの主なものは装着型のロボットタイプで、重量物の抱え上げの際に積極的なアシストを行なうが、他の作業では邪魔になる、取り外しに時間がかかる等の課題がある。これに対し、弾性素材の復元力を利用した衣服タイプで常時着用が可能なパワーアシストスーツも開発されている。これは体を前屈させることによって弾性素材を伸長させ、その復元力をアシスト力として利用しているが、積極的なアシストができないことや、復元力が伸長させるための力より小さいことなどが課題である。

そこで本研究では、衣服型パワーアシストスーツへの適用を目的に、通電により伸長時よりも大きな力の復元力を発生する筋力補助用繊維部材の開発を行なった。

2. 内容

2.1 目標発生力の設定

既存の衣服型パワーアシストスーツは 15～20%の筋力補助効果があり、そこに使用されている弾性素材の張力は約 20Nとされている。そこで今回開発する繊維部材の目標発生力を 20N(幅 50 mm, 0.40N/mm)とした。

2.2 筋力補助用繊維部材について

以前の研究「特殊編地によるむくみ予防サポータ部材の開発」において、熱で収縮する形状記憶合金糸を用いた長さ、幅ともに無負荷時約 75mmの編地を作製した。この編地を 70℃まで加熱した際の機械的特性を調べた結果、最大発生力は 0.32N/mmであることが明らかとなっている。この編地について、110℃まで加熱した際の発生力を調べた結果、最大発生力は 0.61N/mmと十分な力を発生できることがわかった。しかし、本部材を衣服タイプに用いる場合、110℃は高温のため火傷の危険性が高い。また、積極的なアシストを行なうために通電による発熱を利用して力を発生させるため、感電の危険性も考慮しなければならない。そこで、形状記憶合金編地が直接肌に接触しないようにするためのカバー材の選定と低温駆動の可能性についての検討を行なった。

(1) カバー材について

火傷や感電を防ぎ、伸縮性の編地に追随するカバー材として、耐熱性と電気絶縁性に優れるシリコーンゴムのシートを選定し、厚さ1.0mm硬度5°、厚さ0.5mm硬度10°、厚さ0.2mm硬度20°の3種について、以下の試験を行なった。

まず、感電防止の評価として、体積抵抗率の測定と耐電圧試験を行なった。その結果、体積抵抗率は3種全て $10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ オーダーであり、厚さ方向に耐電圧AC, DC5kVを60秒間印加した際に10mAを超える漏電流を検知しなかったことから、感電防止のための十分な絶縁性があることを確認した。

次に、火傷防止の評価として、20℃ 65%の恒温恒湿室内にて100℃に制御した熱板上にシリコーンシートを置き、シート表面が50℃になるまでの時間を測定した。結果は表1に示すとおりであり、

表 1 100℃の熱板上で表面が50℃になるまでの時間

厚さ [mm]	時間[秒]
1.0	2
0.5	1
0.2	0.5

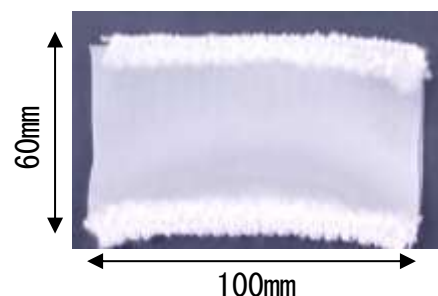


図 1 試作した筋力補助用繊維部材

この時間内であれば編地が100℃の状態で使用しても火傷の危険性が低いことが確認できた。

(2) 筋力補助用繊維部材の試作

幅 50 mmの形状記憶合金編地を試作し、厚さ 0.5 mm硬度 10° のシリコンシートと縫製することで、図 1 に示す長さ 100mm、幅 60mm、厚さ 2.3mmの筋力補助用部材を試作した。この繊維部材について、伸長時と通電時の張力を測定した。その結果は図 2 のとおりであり、通電せずに伸長率 100%(長さ 2 倍)に伸ばすのに必要な力約 10Nに対し、通電することで20N以上の復元力(張力+発生力)が発生することを確認した。

(3) 低温駆動の形状記憶合金編地の試作

上記編地に使用した形状記憶合金糸に比べ低い温度で駆動するメーカ試作品の低温タイプについて、その温度と発生力の関係を調べた。その結果、図3に示すように約15~20℃低い温度で同程度の発生力があることを確認した。

低温タイプ形状記憶合金糸を用いて、長さ、幅ともに無負荷時約 55mmの形状記憶合金編地を試作し、その発生力について調べた。その結果は図 4 に示すとおりであり、最大発生力は 0.48N/mm、62℃以上で 0.40N/mm以上と十分な力を発生できることがわかった。

(4) 試作繊維部材の火傷の危険性評価

図 5 に示すようにマネキンにシリコンシートと低温タイプの形状記憶合金編地を巻きつけて、編地の温度が 75℃になるまで通電加熱(その後、放熱)を繰り返して、マネキン接触面の温度を測定した。その結果、10 回、加熱-放熱を続けて繰り返しても、接触面の温度が 40℃を超えないことを確認した。

3. 結果

筋力補助用繊維部材を開発するに当たり、以下のことを行なった。

(1) 形状記憶合金編地とシリコンシートを組み合わせ、通電時に 20N以上の力を発生する繊維部材を開発した。

(2) 形状記憶合金編地に低温タイプの糸を用いシリコンシートでカバーすることで、火傷や感電の危険性の低い筋力補助用繊維部材を開発した。

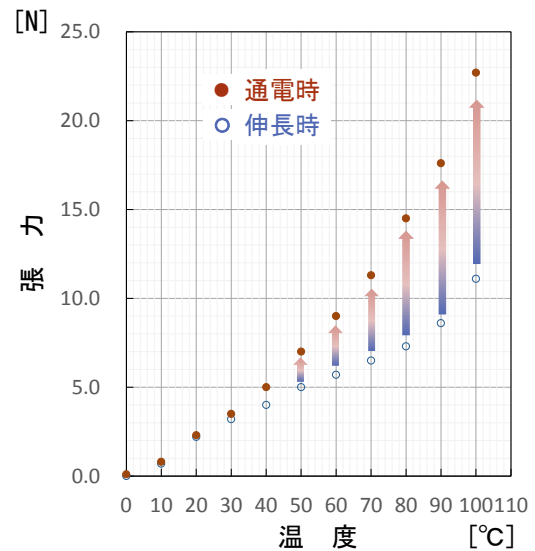


図 2 伸長時と通電時の張力

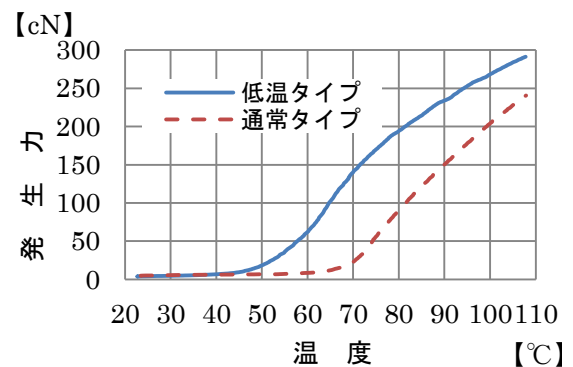


図 3 形状記憶合金糸の温度と発生力の関係

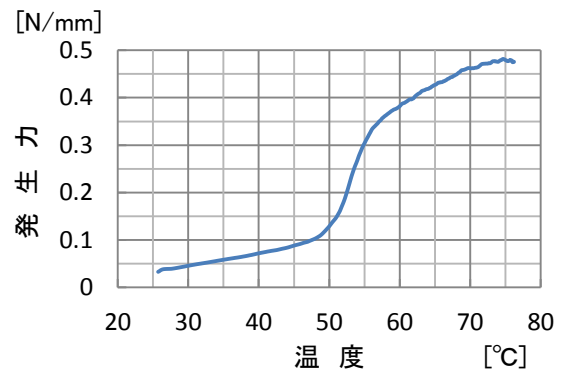


図 4 低温タイプ編地の発生力

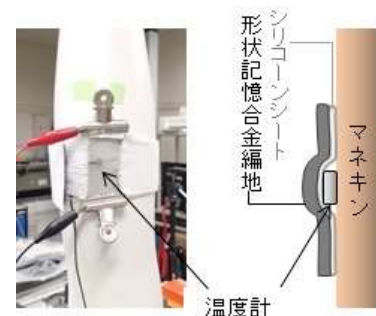


図 5 火傷の危険性評価試験