

把持対象物重量に対応したパワーアシストグローブの制御

函館高専 ○弗田萌心 中村尚彦 浜 克己

要旨

高齢化や疾患などにより筋力低下をきたしている人を対象に、手に装着でき、把持行為に必要な握力の増幅を行うパワーアシストグローブを用いた支援を目的とし、空気圧アクチュエータを駆動源として、支援対象者の把持動作により発生する表面筋電位と把持対象物の重量変化との差に基づき、不足分の補助把持力を得る機構の制御方法について述べる。

1. 緒言

近年、高齢化や筋肉の疾患により筋力低下をきたす人が増加傾向にある。この筋力低下は日常生活において様々な支障をきたすことに繋がり、特に物体の把持行為に使用される握力は、日常生活を送る上で必要不可欠である。この対策として、最近では使用者の体に装着し、不足している機能を別に用意した動力により直接補助するパワーアシスト機構に関する研究が進んでいる^[1]。

そこで本研究では、対象者の手に装着でき、把持行為に必要な握力の増幅を行うパワーアシスト装置の開発を目的とする。具体的には、物を把持した際の動作に応じて補助握力を調節できる制御方法を考案し、手袋をベースに、空気圧アクチュエータを駆動源としたパワーアシストグローブで対象者の握力強化と把持動作の補助を行う。本稿では、すでに作成している基本システムをもとに、その改善や把持対象物の重量変化に対応した握力補助を行う制御システムの拡張と、その制御方法の評価について報告する^[2]。

2. 装置構成

グローブの構成は、布製の手袋をベースに、台座と当て金を載せ、その上にリンク機構と空気圧アクチュエータを取り付けている。アクチュエータには、スキューズ^(株)製の「Sit-t-BW12PE40S」を使用した。リンク機構は、親指・人差指・中指の3本指に設け、親指は第一関節と第二関節、人差指と中指は第二関節と第三関節に把持動作の補助力が働くようにしている。1本の指につき2個のアクチュエータを使用し、人差指の第三関節にポテンショメータを取り付け、把持行為の動作開始を感知できるようにしている。把持対象物には円筒型 500ml 容量のペットボトルを使用し、内容物に金属ワッシャーを使用することで、0~1600g までの重量を任意に設定できるようにした。機構の制御は、表面筋電位と呼ばれる電気信号を用いて行う。信号増幅には(有)追坂電子機器製の表面筋電位計測装置「Personal-EMG」を用いた。なお、パワーアシストグローブの把持性能については、モデルを作成し、手袋の静止摩擦係数を0.5としてグローブのみの出力で持ち上げられる最大補助重量を計算した結果、約640gとなった。把持対象物の重量検出には、(有)浅草ギ研製の感圧センサ「AS-FORCE」を使用し、当該センサ上に把持対象

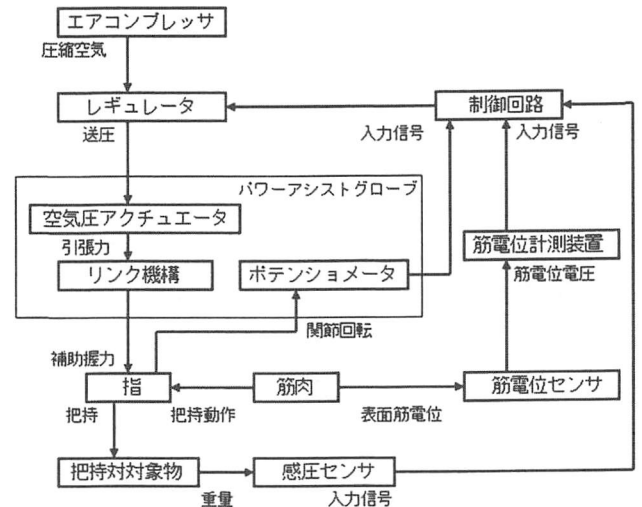


図1. システム構成

物を載せたときの出力電圧値から算出した。

3. システム構成

パワーアシストグローブのシステム構成を図1に示す。

把持動作を行う際、まず人差指の第三関節が回転し、ポテンショメータの抵抗値が変化する。制御回路がこの変化を命令信号として読み取ることで、筋電位センサで筋肉の表面筋電位を測定し始める。次に、読み取った表面筋電位の値を筋電位計測装置で増幅し、入力信号として制御回路に送る。この後、増幅した値と感圧センサから読み取った把持対象物重量から不足している握力を算出し、その値に応じて出力信号をレギュレータに送り、エアコンプレッサからの圧縮空気を制御する。空気圧アクチュエータに圧縮空気を送ることによって、その引張力からリンク機構を介して得られた補助握力を把持動作の出力として扱う。

4. 性能評価実験

予備実験として、ペットボトルをパワーアシストグローブのみの出力で持ち上げる実験を行い、実際の最大補助重量を調べた結果、650gとなった。

この結果に基づき、ここでは発生する表面筋電位を一定として、把持対象物の重量変化に合わせて補助重量の制御が行

えるかを調べるための実験について述べる。

実験では表面筋電位を 0.02mV(表面筋電位零点), 0.15mV, 0.25mV と固定し, 把持対象物の重量範囲を 0~1600g として 200 g 間隔で実験を行った。なお, 今回の実験では, 表面筋電位の値を固定にするため, 調整できるように制御回路には可変抵抗を取り付けた。

把持可能重量と表面筋電位との関係を調べた結果, 0~1600g の対象物を持つとき, 表面筋電位は 0.02~0.37mV まで変化することがわかった。このデータを基に作成した両者の関係を式(1)に表す。ただし, $EMG0$ は表面筋電位[mV], w は持ち上げたペットボトルの重量[g]である。

$$EMG0 = 0.0002w + 0.02 \quad (1)$$

表面筋電位の現在の値と(1)式から求めた計算値との差から, 不足している握力を求めることができる。制御回路では, 把持対象物の重量の値からそれを持ち上げるために必要な筋電位電圧を算出し, 現在の表面筋電位との差から必要な補助握力を求める。実験では, 実際に出力された握力との比較を行い, 指定の重量を持ち上げられる補助重量が出力されているかを評価した。把持対象物重量[g]と補助重量[g]の関係を図2に示す。図中の直線は, 把持対象物重量に応じて出力される補助重量の理想線であり, 左側から, それぞれ表面筋電位が 0.02mV, 0.15mV, 0.25mV の場合を示している。プロットした各点は, レギュレータへの出力値から算出した実際の補助重量である。

実験結果から, 表面筋電位電圧が 0.02mV の場合には, 理想線に沿って補助握力が出力されていることがわかる。また, 表面筋電位 0.15mV, 0.25mV の場合, それぞれの表面筋電位での把持可能重量である 500g, 1000g 以下の範囲では補助握力が 0g であった。このことから, 把持対象物重量と出力された握力に合わせて補助握力を調節し, 不足分の補助握力を出力できているといえる。しかし, 把持対象物重量 600g 以上の場合には, 理想線と実際の補助握力との間に誤差が生じており, 出力される補助握力の精度が落ちていることも確認された。この原因としては, 今回作製した重量検出装置が簡易的なものだったため, 重量の増加に伴い, 測定が精度よ

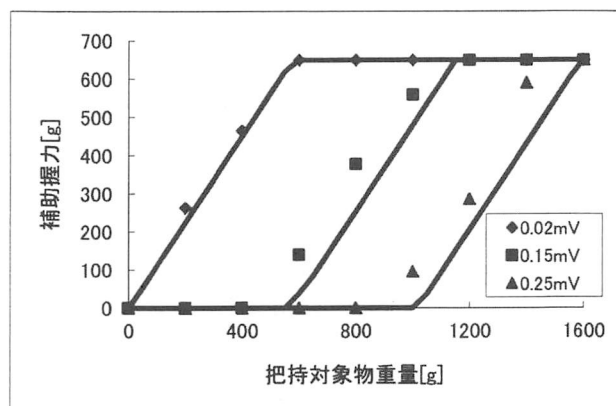


図2. 把持対象物重量-補助握力

く行えなかったためと考えられる。

5. 重量検出方法

現在の重量検出は, 把持対象物を重量検出装置上に載せることにより行っている。このため, 使用者は, 重量変化を伴う把持動作のたびに対象物の重量を検出し直す必要がある。そこで本研究では, 新たに対象物を把持した状態で重量検出を行う装置を提案する^[3]。重量検出は, 把持対象物と使用者の指の接する面に取り付けたひずみセンサで行い, ひずみの分布に基づいて, 把持対象物が滑り落ちない最小の力になるよう握力補助を行う。図3に, 物体を把持して持ち上げるときに指に加わる把持力と摩擦力の関係を示す。把持対象物を持ち上げる際, 重量が未知であることから, まずはパワーアシストグローブにより最大補助力で持ち上げる。この時, 把持対象物が滑り落ちないようにするためには, 摩擦力より大きい把持力を加え続ける必要があるが, 不要な補助力については取り除くようにする。また, 把持対象物の重量変化に対しては, 発生している把持力をひずみセンサより求め, 滑り落ちない最小限の補助を行うよう調節をする。

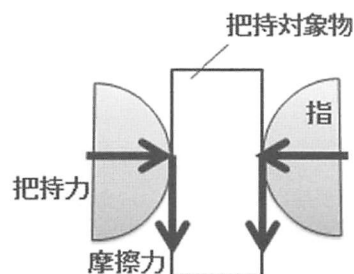


図3. 把持状態

6. 結言

本稿では, 使用者の残存機能を活かしながら把持動作の握力補助を実現することを目的に, 把持対象物重量に対応したパワーアシストグローブの制御方法を中心に述べた。

その結果, 制御システムと連動して, 表面筋電位の大きさから使用者の握力を感知し, 把持対象物の重量に応じた出力で把持動作の握力補助を行う制御が十分可能であることが確認された。現在の感圧センサを用いた重量検出から, 対象物を把持した状態で重量検出を行える方式に変更するとともに, 3本指の制御を5本指に拡張して把持力を強化することが今後の課題である。

参考文献

- [1] 小林宏, ウェアラブルロボットの福祉機器への応用, 日本ロボット学会誌, Vol.20, No.8, pp. 805-808, 2002
- [2] 浜 克己, 竹内 聡, 中村尚彦, 握力補助用パワーアシストグローブの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010 講演概要集, IA1-E15, 2010.
- [3] 前野隆司, 小林一三, 河合隆志, 平野雄一, 曲面状弾性体の内部ひずみ分布検出に基づく把持力制御