

握力補助用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

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て、空気圧アクチュエータを駆動源とし、支援対象者の把持動作により発生する表面筋電位を用いて、把持対象物の重量との差に基づき、不足分の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、高齢化のみならず、筋肉の疾患により筋力低下をきたす人が増加する傾向にある。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る。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、必要な機能の不足分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、物を把持した時の動作に応じて補助する握力を調節できる制御方法を考案し、手袋をベース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、空気圧アクチュエータを駆動源として用いたパワーアシストグローブの製作とその制御方法の評価について報告する^[2]。

2. 装置構成

パワーアシストグローブの概念図を図1に示す。グローブ構成は、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。この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。指1本につき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オメータを取り付け、把持行為の初期動作を感知できるようにしている。各部品は手袋に縫合することで固定した。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。また、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ことにし、その信号増幅には(株)追迫坂電子機器製の表面筋電位計測装「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対し、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。

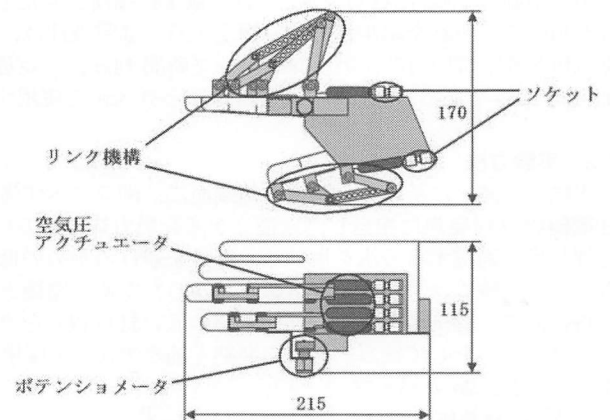


図1. パワーアシストグローブ概念図

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2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、ポテンシオメータの抵抗値が変化する。この変化を命令信号として制御回路が読み取ることで、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電圧を筋電位計測装置で増幅し、入力信号として制御回路

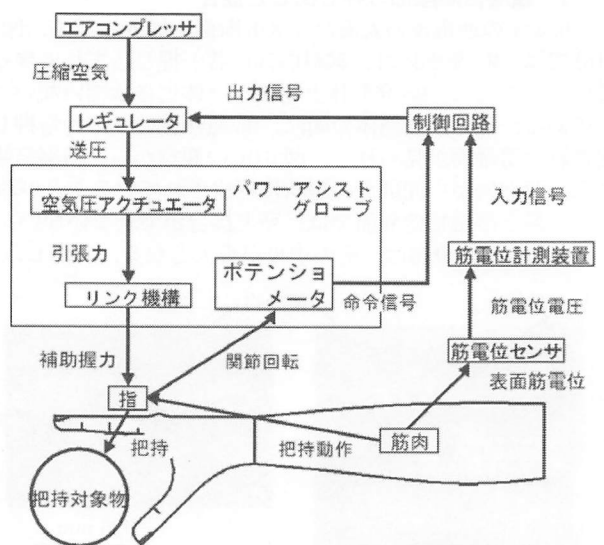


図2. パワーアシストグローブシステム

に送る。この後入力信号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、空気圧アクチュエータの引張力から得られた補助握力を把持動作の出力として扱う。手に装着したパワーアシストグローブの様子を図3に示す。

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 となり、計算結果とほぼ一致した。

この結果に基づき、ここでは把持対象物の重量が既知として、あらかじめ制御回路への関係付けが可能な状態の把持動作を想定し、この状態で対象者の握力に合わせて補助重量が制御できるかを調べるための実験について示す。

実験では、持ち上げるペットボトルの重量を 650g で一定とし、対象者の把持可能重量の範囲を 0~1000g とした。ここで、ペットボトルを対象者の握力のみで把持した時に発生す表面筋電位を「MP-A」、対象者自身の握力とパワーアシストグローブの補助握力を合わせてペットボトルを持ち上げた時の表面筋電位を「MP-B」とする。制御回路には、対象物を持ち上げずに握った時の「MP-A」から持ち上げ可能な重量を算出し、その時の握力と補助握力で 650g を持ち上げるための不足分を出力するような関係付けを行った。「MP-A」と「MP-B」から、補助前と補助後の値が等しいかを比較し、出力された握力で指定のペットボトル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。把持可能重量と表面筋電位との関係を調べた結果、表面筋電位は 0.054~0.27mV 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対応式を式(1)に表す。ただし、 y は筋電位電圧[mV]、 x は持ち上げたペットボトルの重量[g]である。

$$y = 0.0021x + 0.054 \quad (1)$$

把持可能重量[g]と補助重量[g]の関係を図4に示す。図中の直線は対象者の把持可能重量別に出力される補助重量の理想線である。プロット点は「MP-A」と「MP-B」から算出した実際の補助重量である。ノイズ等の影響でペットボトル重量が 0g の時に筋電位電圧が 0.054mV と 0 になっていない点は、この値を基準（原点）として補正した。

実験結果から、把持可能重量が 0g~650g の範囲では、理想線に沿って補助重量が出力されていることがわかる。さらに、把持可能重量が 650~1000g の範囲では、補助重量が 0g であり、この範囲では補助重量が出力されていないことがわかった。このことから、出力された握力に合わせて、決まった重量のペットボトルを持ち上げられるように補助握力を調節し、把持動作を補助しているといえる。

しかし、把持可能重量が 0g~300g の範囲では測定した

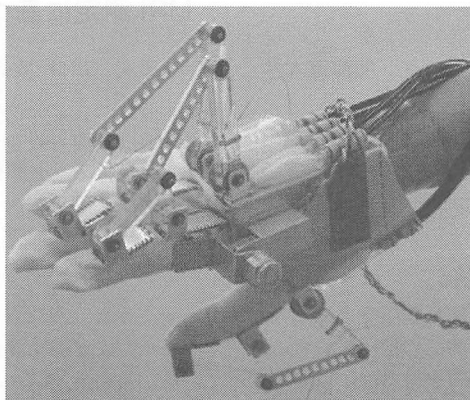


図3. 手に装着したパワーアシストグローブ

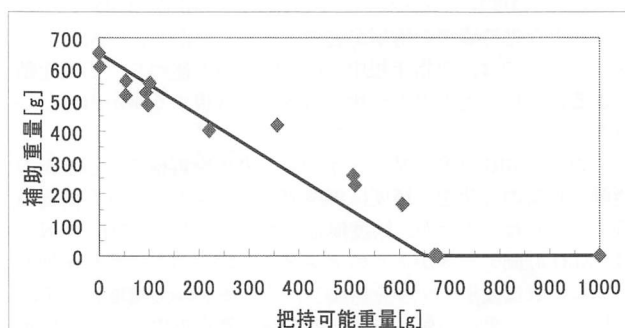


図4. 把持可能重量—補助重量グラフ

補助重量は理想線より値が小さいのに対して、300g~650g の範囲では理想線より値が大きくなっているなど、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。原因については、対象者が感じ取っている補助握力の影響には個人差が存在するためと考えられる。今回は 0g~300g の補助握力に比べて 300g~650g の値が理想値より離れていることから、300g 以上のペットボトルを持ち上げる時に精度が低下していると予想される。

5. 緒言

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、空気圧アクチュエータを駆動源として開発したパワーアシストグローブについて、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、必要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3本指の制御を5本指に拡張して把持力を強化するとともに、把持重量の変化に対応しても、同様の補助ができるように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.