

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6570066号
(P6570066)

(45) 発行日 令和1年9月4日(2019.9.4)

(24) 登録日 令和1年8月16日(2019.8.16)

(51) Int.Cl.	F 1
A 6 1 F 2/68 (2006.01)	A 6 1 F 2/68
A 6 1 B 5/11 (2006.01)	A 6 1 B 5/11 2 3 0
A 6 1 F 2/58 (2006.01)	A 6 1 F 2/58
B 2 5 J 19/02 (2006.01)	B 2 5 J 19/02

請求項の数 3 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2015-234149 (P2015-234149)
 (22) 出願日 平成27年11月30日(2015.11.30)
 (65) 公開番号 特開2017-99545 (P2017-99545A)
 (43) 公開日 平成29年6月8日(2017.6.8)
 審査請求日 平成30年10月30日(2018.10.30)

特許法第30条第2項適用 日本機械学会2015年度
 年次大会 講演論文集DVD-ROM、平成27年9月
 12日

(73) 特許権者 899000068
 学校法人早稲田大学
 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地
 (74) 代理人 100114524
 弁理士 榎本 英俊
 (72) 発明者 藤江 正克
 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学
 校法人早稲田大学内
 (72) 発明者 小林 洋
 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学
 校法人早稲田大学内
 (72) 発明者 加藤 陽
 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学
 校法人早稲田大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボット制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ロボットを操作する使用者の筋活動に基づく動作意図を推定し、当該動作意図に対応したロボットの動作制御を行うためのロボット制御装置において、

前記筋活動に基づく前記使用者の皮膚表面における所定領域の変形情報を計測する変形情報計測手段と、当該変形情報計測手段で計測された変形情報に基づいて、前記動作意図を推定する動作推定手段とを備え、

前記変形情報計測手段は、筋活動に基づく筋肉の隆起状態に関する筋隆起情報を計測する筋隆起情報計測部と、前記筋活動に基づく前記皮膚表面のひずみ情報を計測するひずみ情報計測部とを備え、

前記動作推定手段では、予め設定された関係式により、前記変形情報計測手段で計測された前記筋隆起情報と前記ひずみ情報とを組み合わせた前記変形情報から、前記動作意図に対応する前記ロボットの直交3軸回りの回転動作量をそれぞれ求めることを特徴とするロボット制御装置。

【請求項2】

前記筋隆起情報計測部では、前記皮膚表面の複数位置での隆起方向の変位量である筋隆起量が計測され、

前記ひずみ情報計測部では、前記使用者が意図する動作に対応する主動筋付近の前記皮膚表面の複数位置におけるひずみが計測され、

前記動作推定手段では、前記各位置で計測された前記筋隆起量及び前記ひずみが前記関

係式に代入されて前記動作量が求められることを特徴とする請求項1記載のロボット制御装置。

【請求項3】

前記関係式の初期設定に関する処理を行う初期設定用処理手段を更に備え、

前記初期設定用処理手段では、前記使用者が予め決められた動作を行ったときの前記変形情報を複数回取得し、当該各変形情報から多変量解析により前記関係式を導出することを特徴とする請求項1記載のロボット制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、ロボット制御装置に係り、更に詳しくは、ロボットを操作する使用者の筋活動に基づく動作意図を推定し、当該動作意図に対応したロボットの動作制御を行うためのロボット制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年の高齢化社会においては、人間の機能を支援するため、使用者の動作意図に対応した生体信号に基づいて動作する装着型ロボットへの期待が高まっている。この装着型ロボットとしては、人間の筋力をモータ等のアクチュエータの動力で補うパワーアシストロボットの他に、上肢切断者の日常生活を補助するために、前記アクチュエータの動力を用いて手に相当する動作を行う動力義手などが挙げられる。これら既存の装着型ロボットは、その使用者の動作意図に基づく筋活動により得られた生体信号の変化から、前記アクチュエータの駆動を制御しており、当該生体信号としては、筋活動量に伴い振幅が変化する表面筋電位が多く用いられている。ところが、この表面筋電位は、電気的なノイズを多く含み、しかも、個人差が大きいことから、不安定な信号であり、使用者の動作意図をロボットに細かく反映することが難しい。そのため、例えば、このような表面筋電位を用いた動力義手（筋電義手）にあっては、筋電位の特徴量を用いた動作種類の判別に留まり、閾値設定によるオン・オフ制御が行われるのが一般的で、非切断者の腕に比べて明らかな機能差がある。例えば、使用者の食事の際に義手でお碗を保持しようとする動作を実現するためには、義手の関節角度の精密な制御が必要であるが、表面筋電位は極めて微弱であることから、このような精密な制御は困難である。ここで、非特許文献1には、表面筋電位を用いた動力学計算により関節角度の推定を行った研究が開示されているが、当該動力学計算により算出可能である筋発揮張力や関節回りのモーメントは、関節角度に対して一意性がない。また、関節角速度から時間積分により関節角度を算出する際に、誤差を蓄積してしまうという問題もある。従って、表面筋電位を用いて関節角度を細かく制御するためには、煩雑な計算が必要となる。

20

30

【0003】

ところで、特許文献1には、使用者の前腕の周囲の複数位置で筋電位及び筋隆起量を検出し、これらの検出結果に基づいて使用者の意図する動作を識別し、当該意図する動作に従って義手を操作する義手操作装置が開示されている。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2014-50590号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】片山敦史，幸徳，小池康晴，「筋電信号を用いた指関節角度推定」，電子情報通信学会技術研究報告，vol.106.p p 7-12，2007

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

50

しかしながら、前記特許文献１の義手操作装置にあっては、検出された筋電位及び筋隆起量から、使用者による手の各種動作（掌屈、背屈、握る、開く、前腕の回内や回外）の種類を判別推定するものであり、煩雑な計算処理が必要となるばかりか、手の背屈量等、各動作の動作量までは推定することができない。

【０００７】

そこで、本発明者らは、動力義手の動作量を推定できる新たな生体信号を探索するための研究を行った。その結果、筋活動の運動学による手首の関節角度変化時の筋肉の挙動から、筋活動時の筋収縮に伴い皮膚表面で筋肉が隆起する位置（筋隆起位置）が移動する現象に着目し、筋活動に伴う関節角度変位と筋隆起位置との間に一意性があることを知見した。また、使用者が手首を回転させた際の筋活動に伴い、使用者の皮膚表面が微視的に伸縮変形するが、前記動作量が同一であっても、当該手首の回転方向によって前記皮膚表面の伸縮変形状態が異なる。このことから、使用者の手の各種動作を正確に判別して前記動作量を推定するには、前記皮膚表面のひずみ情報を考慮する必要があることも知見した。

10

【０００８】

本発明は、このような本発明者らの知見に基づいて案出されたものであり、その目的は、簡単な構成及び演算により、ロボットを操作する使用者の筋活動に対応する生体組織の変形情報に基づいて、当該使用者の意図する動作の種類毎にその動作量を推定することができるロボット制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

20

前記目的を達成するため、本発明は、主として、ロボットを操作する使用者の筋活動に基づく動作意図を推定し、当該動作意図に対応したロボットの動作制御を行うためのロボット制御装置において、前記筋活動に基づく前記使用者の皮膚表面における所定領域の変形情報を計測する変形情報計測手段と、当該変形情報計測手段で計測された前記変形情報に基づいて、前記動作意図を推定する動作推定手段とを備え、前記変形情報計測手段では、前記変形情報として、前記皮膚表面の変形量が前記所定領域内の所定位置毎に計測され、前記動作推定手段では、前記動作意図に対応する前記ロボットの動作量と前記変形量との相関関係が予め設定され、当該相関関係に基づいて前記変形量から前記動作量を求める、という構成を採っている。

【発明の効果】

30

【００１０】

本発明によれば、従来の表面筋電位の変化に基づくロボットの動作制御よりも簡単な構成及び演算により、使用者が意図する身体の動作の種類毎に動作量を推定することができ、当該動作量をロボットの動作制御に用いることで、使用者の動作意図を細かく反映したロボットの動作制御が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】本実施形態に係るロボット制御装置の構成を表すブロック図。

【図２】ひずみセンサとして機能するナノシートの貼付例を示す上腕部の写真。

【発明を実施するための形態】

40

【００１２】

以下、本発明の一実施形態について図面を参照しながら説明する。

【００１３】

図１には、本実施形態に係るロボット制御装置の構成を概略して表したブロック図が示されている。この図において、前記ロボット制御装置１０は、ロボットとしての動力義手５０の可動部５１を動作させるアクチュエータ５２の駆動を制御するための装置であって、動力義手５０の操作者となる使用者の筋活動に伴う生体組織の変形情報から、使用者が意図する動作の種類毎に動作量を推定して、アクチュエータ５２の動作制御を行うようになっている。

【００１４】

50

すなわち、ロボット制御装置 10 では、動力義手 50 を装着した使用者の筋活動時の筋収縮により、皮膚表面で筋肉が隆起する位置（以下、「筋隆起位置」と称する。）の移動現象と、前記筋活動による皮膚表面形状が伸縮変形する現象とに基づいて、使用者が所望とする可動部 51 の動作が得られるように、アクチュエータ 52 を制御するようになっている。本実施形態では、可動部 51 として、人体に模して手首の関節角度を直交 3 軸方向に変化させる機構を備え、使用者が手首を変化させる際になされる前腕部の筋活動に対応して、可動部 51 の動作制御がなされる。つまり、可動部 51 は、前腕部における筋収縮による皮膚表面の筋隆起情報とひずみ情報とを組み合わせた生体組織の変形情報に基づく制御により、直交 3 軸回りの回転動作について、前記変形情報に対応した動作量すなわち回転角度で動作するようになっている。ここでの 3 軸回りの回転動作としては、手を上下に動かす掌屈背屈方向（以下、単に「掌背屈方向」と称する）に対応した回転動作と、手を左右に動かす撓屈尺屈方向（以下、単に「撓尺屈方向」と称する）に対応した回転動作と、手を内外に回転する回内回外方向（以下、単に「回内外方向」と称する）に対応した回転動作とがある。

10

【0015】

本発明者らは、前腕部の筋肉運動により手首の関節を動かす際、当該手関節角度が変化する際に、前腕部の皮膚表面の筋隆起位置が前腕部の長手方向に移動する現象に着目し、筋隆起位置から手関節角度が一意に定まることを知見した。また、手首の関節の動作種類に応じて主動筋の動作方向が変化することから、主動筋上の皮膚表面のひずみ情報を計測することで、手の動作方向を判別できることを知見した。これら知見に基づき構成されたロボット制御装置 10 では、動力義手 50 が装着される前腕部の位置毎の筋隆起状態の変化と、皮膚表面のひずみ情報とに基づき、実際の手（非切断側の手）を動作させる感覚で可動部 51 を動作させることができる。

20

【0016】

具体的に、前記ロボット制御装置 10 は、筋活動に基づく使用者の皮膚表面における所定領域の変形情報を計測する変形情報計測手段 11 と、所定の初期設定に関する処理を行う初期設定用処理手段 12 と、初期設定後に、変形情報計測手段 11 で計測された変形情報に基づいて使用者の動作意図を推定する動作推定手段 13 と、動作推定手段 13 での推定結果に応じて、アクチュエータ 52 への動作指令を行う動作指令手段 14 とを備えている。

30

【0017】

前記変形情報計測手段 11 は、使用者の前腕部の皮膚表面に接触して装着され、当該皮膚表面の直交 3 軸方向の変形量を検出可能なセンサユニットからなり、当該センサユニットは、筋活動に基づく筋肉の隆起状態に関する筋隆起情報を計測する筋隆起情報計測部 18 と、筋活動に基づく前記皮膚表面のひずみ情報を計測するひずみ情報計測部 19 とを備えている。

【0018】

前記筋隆起情報計測部 18 は、前腕部の所定領域の複数位置において、皮膚表面に対して直交する隆起方向の変位量である筋隆起量を計測可能な公知の接触センサからなる。ここで、図示省略するが、本実施形態の接触センサとしては、例えば、複数の反射型フォトトリフレクタをウレタン素材のスポンジで被覆した構造のものが用いられる。当該構造の接触センサは、スポンジの変形状態によって当該スポンジ内で反射された光量が変わることを利用し、当該光量の変化に基づいてスポンジの変形量を求めるようになっており、各フォトトリフレクタそれぞれについて、その対応部位のスポンジの変形量を検出可能になっている。

40

【0019】

この筋隆起情報計測部 18 では、図示しないアームバンド等によって前記スポンジが皮膚表面に接触するように固定されることにより、前記筋隆起量が計測される。すなわち、手を動作させるための筋肉が存在する前腕部の所定領域における筋活動の結果、筋隆起に基づく皮膚表面の上方への変位に伴う前記スポンジの変形による前記各フォトトリフレクタ

50

の検出値から、前記筋隆起量が求められることになる。本実施形態では、特に限定されるものではないが、上腕部の長手方向 16 箇所 × 短手方向 3 箇所の合計 48 箇所における筋隆起量が計測されるようになっている。

【0020】

なお、本発明において、前記筋隆起情報計測部 18 としては、前述の構造の接触センサの利用が必須ではなく、前述と同様の計測が可能である限り、他の構造のセンサに代替することも可能である。

【0021】

前記ひずみ情報計測部 19 としては、手首の関節動作に対応する前腕部の主動筋の動作に基づく皮膚表面の伸縮変形量を表すひずみを検出可能な限りにおいて、様々な公知のひずみセンサを用いることができる。本実施形態のひずみ計測部 19 としては、PEDOT- PSS 等の導電性高分子を含ませた超薄膜（導電性ナノシート）を利用したひずみセンサが用いられており、皮膚表面に貼付された前記ナノシートの伸縮変形による抵抗値の変化に基づき、皮膚表面のひずみを求める構造となっている。前記ナノシートは、手首の動作に対応する前腕部の主動筋の筋腹上となる皮膚表面の複数位置（例えば、5～10 箇所程度、図 2 参照）に貼付されるようになっている。

【0022】

前記初期設定用処理手段 12 では、動力義手 50 を最初に使用する際等において、使用者等による図示しないスイッチの操作により、次の初期設定処理が行われる。すなわち、使用者毎に異なる筋活動特性に対応した動作推定手段 13 での後述の動作推定を可能にするように、皮膚表面における計測位置毎の筋隆起情報である筋隆起量及びひずみ情報であるひずみと、掌背屈方向、撓尺屈方向及び回内外方向の各動作量（回転角度）との関係を表す関係式が初期設定される。ここでは、使用者が、予め指定された各種の手首の回転動作をそれぞれ複数回行い、それら各回転動作時における変形情報計測手段 11 での計測値から、線形重回帰分析等の多変量解析により次の関係式が導出され、記憶される。

【0023】

【数 1】

$$\begin{aligned}\theta_1 &= A_1 \cdot S_1 + A_2 \cdot S_2 + \cdots + A_n \cdot S_n + A_{n+1} \cdot Z_1 + A_{n+2} \cdot Z_2 + \cdots + A_{n+m} \cdot S_m \\ \theta_2 &= B_1 \cdot S_1 + B_2 \cdot S_2 + \cdots + B_n \cdot S_n + B_{n+1} \cdot Z_1 + B_{n+2} \cdot Z_2 + \cdots + B_{n+m} \cdot S_m \\ \theta_3 &= C_1 \cdot S_1 + C_2 \cdot S_2 + \cdots + C_n \cdot S_n + C_{n+1} \cdot Z_1 + C_{n+2} \cdot Z_2 + \cdots + C_{n+m} \cdot S_m\end{aligned}$$

ここで、上式において、 θ_1 は、掌背屈方向の回転角度であり、 θ_2 は、撓尺屈方向の回転角度であり、 θ_3 は、回内外方向の回転角度である。また、 S_i ($i = 1, 2, \dots, n-1, n$) は、筋隆起情報計測部 18 で計測された前腕部の各位置の筋隆起量であり、 Z_i ($i = 1, 2, \dots, m-1, m$) は、ひずみ情報計測部 19 で計測された前腕部の各位置のひずみである。更に、 A_i ($i = 1, 2, \dots, (n+m)-1, n+m$)、 B_i ($i = 1, 2, \dots, (n+m)-1, n+m$)、 C_i ($i = 1, 2, \dots, (n+m)-1, n+m$) は、線形重回帰分析の過程で特定された定数である。

【0024】

前記動作推定手段 13 は、使用者が動力義手 50 を実際に使用する際に、変形情報計測手段 11 によって計測された皮膚表面の 3 次元の変形量である筋隆起量、ひずみが、初期設定用処理手段 12 で初期設定された前述の関係式に代入されることで、前述の 3 方向における手首の回転角度が演算によって求められる。ここで求められた各回転角度は、使用者の筋活動に基づき意図する手首の動作量であると推定される。

【0025】

前記動作指令手段 14 では、動作推定手段 13 で求められた各方向別の動作量で可動部 51 が動作するように、アクチュエータ 52 への駆動指令がなされる。

【0026】

従って、このような実施形態によれば、使用者の前腕部の筋活動に伴う巨視的な筋隆起

10

20

30

40

50

情報と微視的なひずみ情報から、使用者の手の動作意図に沿った可動部 5 1 の前記 3 軸方向の動作量を求めることができる。つまり、使用者が、実際の手を動かすように前腕部に力を入れると、その程度により、実際の手と同様に動力義手 5 0 の手関節角度を制御することができ、従来の表面筋電位による制御では難しかった動力義手 5 0 の手関節角度の動作制御を簡単な構成や演算にて細かく行うことができる。

【 0 0 2 7 】

なお、前記実施形態では、本発明が適用されるロボットとして動力義手 5 0 について図示説明したが、本発明はこれに限らず、他の義肢やパワーアシストロボット等の装着型ロボットやロボットアーム等、各種ロボットの動作を使用者の筋活動に基づいて制御するロボット制御装置として適用することもできる。換言すると、本発明においては、使用者の筋活動による身体部位の動作に対応する動作をロボットに行わせる際に、前記実施形態と同様に、当該筋活動による使用者の所定位置における皮膚表面の変形量に基づく動作制御が可能である。

10

【 0 0 2 8 】

また、本発明では、初期設定用処理手段 1 2 を省略することができる。この場合、動作推定手段 1 3 では、複数パターンの前記関係式を予め記憶させておき、使用者等が適切な関係式を任意に選択し、当該選択された関係式で前述のように動作推定を行っても良いし、予め記憶した 1 の関係式、或いは、皮膚表面の変形量とロボットの動作量との関係を表す変換表等のデータを用いる等、種々の相関関係に基づいて前記動作推定を行っても良い。

20

【 0 0 2 9 】

その他、本発明における装置各部の構成は図示構成例に限定されるものではなく、実質的に同様の作用を奏する限りにおいて、種々の変更が可能である。

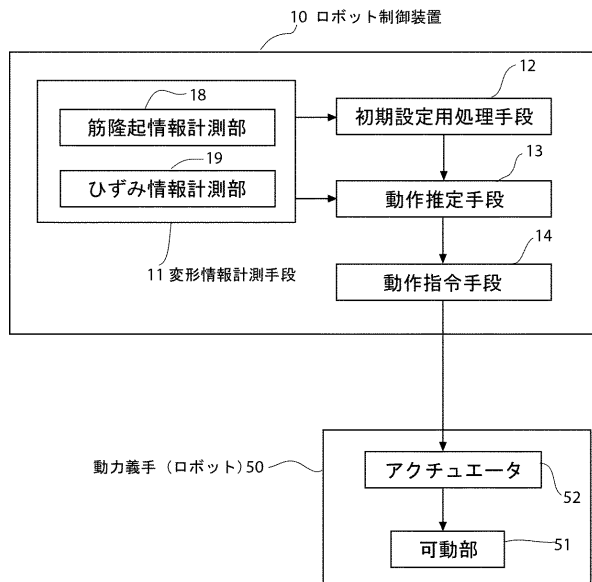
【 符号の説明 】

【 0 0 3 0 】

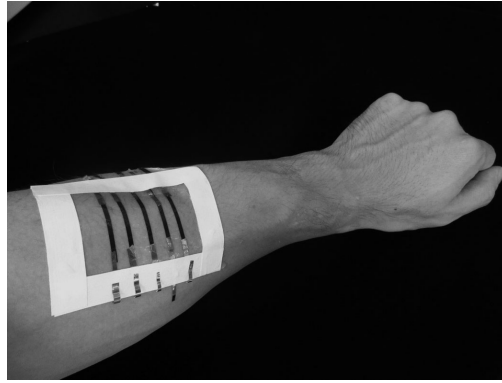
- 1 0 動作制御装置
- 1 1 変形情報計測手段
- 1 2 初期設定用処理手段
- 1 3 動作推定手段
- 1 8 筋隆起情報計測部
- 1 9 ひずみ情報計測部
- 5 0 動力義手（ロボット）

30

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 松本 侑也
東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内
- (72)発明者 築根 まり子
東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内
- (72)発明者 武岡 真司
東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内
- (72)発明者 藤枝 俊宣
東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内
- (72)発明者 山岸 健人
東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内
- (72)発明者 鉄 祐磨
東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内

審査官 安田 昌司

- (56)参考文献 特開2014-050590(JP,A)
特開2014-004050(JP,A)
特開2008-012358(JP,A)
特開2014-138674(JP,A)
特開2014-023795(JP,A)
国際公開第2015/094112(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61F 2/50 - 2/68
A61B 5/11
B25J 19/02