

Energy-saving of Robot Arm by Suspending Mechanism Using Spring and Wire

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00050026

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



ばねとワイヤを用いた吊り下げ機構によるロボットアームの省エネ駆動

金沢大学 ○可知美胤, 宮西太郎, 関啓明, 辻徳生, 正津正利

Energy-saving of Robot Arm by Suspending Mechanism Using Spring and Wire

Kanazawa University Yoshitsugu KACHI, Taichirou MIYANISHI, Hiroaki SEKI, Tokuo TSUJI and Masatoshi HIKIZU

Nowadays, it is necessary to save energy of industrial robot arms. Some weight compensation mechanisms have been proposed, however, they are complex and difficult to attach to industrial robots. This paper proposes the method to save energy of robot arm by attaching a simple mechanism, which consists of a wire and springs. The mechanism pulls robot arm up and reduce its joint torque. We showed energy saving effect in experiments with using industrial robot arm with the mechanism, however, the mechanism is large. Therefore, we propose compact mechanism and show that this mechanism has similar energy saving effect as the previous one.

1. 緒言

昨今社会の省エネルギー化が一層望まれており、産業用ロボットアームも例外ではない。従来アームの自重を補償する機構がいろいろ考えられているが、構造が複雑で既存の産業用ロボットアームに組み込みにくく、把持物による負荷もあまり考慮されていない⁽¹⁾⁽²⁾。また取り付けやすさを優先し、完全でなくある程度の自重補償であっても十分省エネ効果が得られると考えられる。そこで、既存のロボットアームを上方からワイヤとばねからなる吊り下げ機構で吊ることである程度自重を補償する方法を提案する。

これまでの研究でシミュレーションや実験により吊り下げ機構の省エネ効果が確認できた⁽³⁾。しかし、機構が大きくなってしまった問題があった。そこで本稿では機構のコンパクト化とそれによる省エネ効果の変化を示す。

2. 吊り下げ機構の原理

Fig.1に示す実際の産業用多関節型ロボットアーム(三菱電機製MELFA RV-1A)を対象例とする。アーム手先部の3関節は姿勢の変化が負荷トルクに及ぼす影響が少ないと考え、手先部を一塊とみなし、アームの全自由度は3自由度(J1軸〜J3軸)として議論を進める。Fig.2に吊り下げ機構の原理を示す。これらは回転軸J1上に取り付ける。ロボットの手先部(点A)にワイヤを取り付け、ワイヤの他端はプーリーを介してその先に引張ばねを取り付ける。吊り下げ機構からアシストされるJ2, J3軸のトルク τ_r は関節から点Aまでのベクトル \mathbf{H} と張力ベクトル \mathbf{T} を使って次のように求めることができ、各関節トルク $\boldsymbol{\tau}$ から差し引かれる。回転軸J1軸には機構は作用しない。

$$\boldsymbol{\tau}_T = \mathbf{H} \times \mathbf{T} \quad (1)$$

$$|\mathbf{T}| = k(x - r\theta), x = |\mathbf{p} - \mathbf{s}| - |\mathbf{p}_0 - \mathbf{s}| \quad (2)$$

ここで、 k はばね定数、 \mathbf{p} は基準座標から見た点Aの位置、 \mathbf{s} はワイヤが経由するプーリー位置、 r はワイヤを巻き取るモータに付属するプーリー半径、 θ はプーリーの巻き取り角である。 \mathbf{p}_0 はJ2, J3軸を動かしたとき点Aとプーリーが最接近する場所とした。ばねの先にはワイヤとそのワイヤを巻き取るモータがあり、ばねの伸縮をモータで調節することで初期張力を変更する。ばねの張力を調整するモータは作業前に適切な張力となるよう動かし、アームの作業中は止めておく。モータには

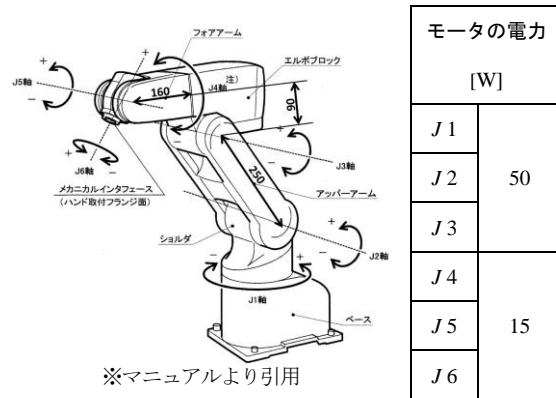


Fig.1 対象例とする産業用ロボットアーム (MELFA RV-1A)

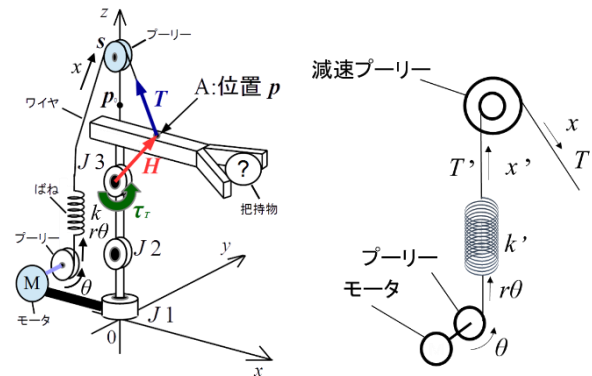


Fig.2 吊り下げ機構の原理 Fig.3 吊り下げ機構のコンパクト化

ウォームギアを使用し、電源を切っても逆回転しないようにしておく。ロボットに与える作業が決まると把持物を含めた適切な初期張力が動力学計算によるシミュレーションから求まる。なおばね定数は、把持物のない状態でロボットの可動範囲についてJ2, J3軸を10度刻みで変化させ、それぞれにおけるJ2, J3軸のモータの消費電流をアームの静力学から計算し、その総和を求め、総和が最小になるばね定数を採用する。このロボットの場合、ばね定数が250[N/m]の時に吊り下げ機構がない場合に比べ63.9%電流が削減でき、最も省エネとなった。

3. 吊り下げ機構のコンパクト化

直接ワイヤとばねをつなぐと、アームの駆動範囲をカバーする

のに長いストロークが必要になり機構が大きくなってしまふ。そこで Fig.3 のように大小二つのプーリーを減速機として使用しストロークを短くすることで機構のコンパクト化を図る。ロボットアームに加わるワイヤの張力 T は減速比(直径比)を n ,ばね定数を k' とすると

$$|T| = \frac{k'}{n^2} (x - nr\theta) \quad (3)$$

となる。今回、減速比 n を 2 とした。したがって減速プーリーを用いない場合 ($n=1$) に比べて同じ張力を与えるためのばねは 4 倍のばね定数が必要となる。そこで今回はばね定数 888[N/m]のばねを使用した。Fig.4 にコンパクト化を行った吊り下げ機構を示す。

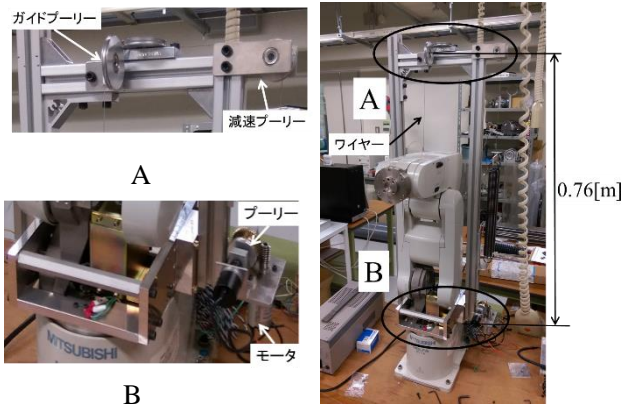


Fig.4 コンパクト化後の吊り下げ機構

4. 実験による検証

吊り下げ機構による省エネ効果の評価は、今回用いた産業用ロボットに用いられている AC モータの電圧が一定であるため各関節軸の消費電流値で行う。したがってモータの電流を電流センサによって測定する。

減速プーリーを用いない場合との省エネ効果の変化について Pick&Place 作業(Fig.5)を対象として示す。初期姿勢を(1)とし、(2)で物体を掴み、移動させ(4)で物体を置き初期姿勢(1)に戻るという一連の作業である。把持物がない場合で測定した J2 軸, J3 軸のモータ電流の絶対値の時間応答をそれぞれ Fig.6, Fig.7 に示す。また各関節軸の消費電流値削減率を Table.1 に示す。アームを下す動作の際には消費電流値は上がるが全体的には電流値が削減されていることがわかる。機構がない場合に対して電流値削減率はコンパクト化前 23.8%コンパクト化後 18.9%であった。コンパクト化後も同様に省エネ効果が得られることがわかる。

把持物がある場合は、初期張力を増加させることにより把持物に対応する。モータを回転させることでワイヤを巻き取り、初期張力を増加させる。各初期張力における J2 軸, J3 軸の消費電流値を Fig.8 に示す。なおこのばねは自然長の時、初張力 48N であった。

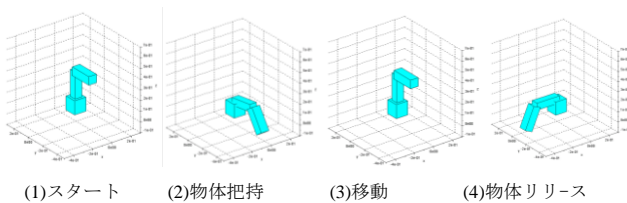


Fig.5 Pick&Place 作業の動作内容

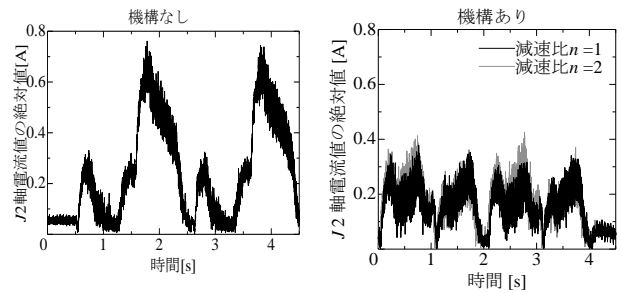


Fig.6 測定した J2 軸の電流値の絶対値

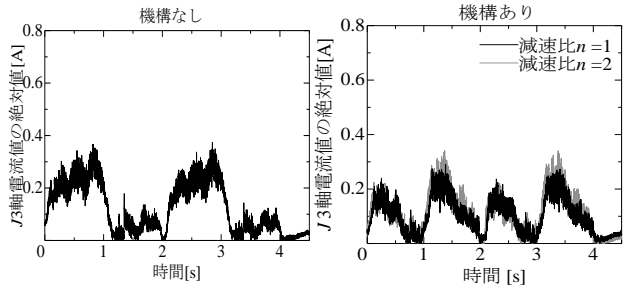


Fig.7 測定した J3 軸の電流値の絶対値

Table.1 各関節軸の電流値削減率[%]

電流値削減率[%]	関節軸			全体
	J1	J2	J3	
減速比 $n=1$	5.3	36.4	17.4	23.8
減速比 $n=2$	4.7	30.4	10.6	18.9

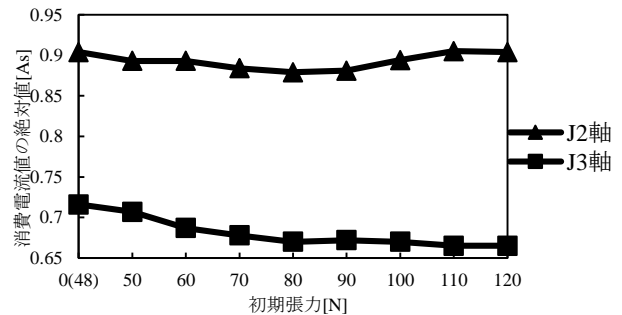


Fig.8 各初期張力における消費電流値

Fig.8 より把持物を持った作業において適切な初期張力を与えると省エネ効果がさらに高まることがわかる。

5. 結言

本研究では既存の産業用ロボットアームに付加的に取り付けられる、ワイヤと減速プーリーを用いたコンパクトな吊り下げ機構を提案した。実験を行い、吊り下げ機構による電流値の削減率が減速プーリーを用いない場合より少し低下したが省エネ効果は同様に得られることを示した。

参考文献

- 1) 武居直行, 省エネ・安全のための重力補償機構, 日本ロボット学会誌, **29**, 5, pp.508-511, 2002.
- 2) 森田寿郎, 自重補償機構の設計原理と動作支援技術への応用, バイオメカニズム学会誌, **30**, 4, pp.200-204, 2006.
- 3) 長橋光之 他, 可変張力機構によるロボットアームの省エネ駆動, 2015 年度精密工学会春季大会学術講演会論文集 pp.933-934, 2015