

317 体内移動を目的とする分散協調型アクチュエータの制御に関する研究 (続報)

北海道大学工学部 ○宋 北夏、下岡聡行、金 東郁
西村生哉、勇田敬夫

要 旨

体内移動を目的とする屈曲運動生物型ロボットを分散型マイクロアクチュエータで実現することを想定し、協調動作の制御について研究している。全体が1波長の進行波を形成するとき、位相が進むにつれて、屈曲運動生物型ロボットの向きがどのように変化するかをコンピュータシミュレーションで検討した。

1. 緒 言

近年、マイクロメカニズムの研究開発が盛んに進められ、その応用として特に医療分野が期待されている。体内移動型ロボットもその一つであるが、これを考える場合、分散型マイクロアクチュエータを用いる屈曲移動生物型が有利であると考えられる。各アクチュエータは自律性を持ち、互いに協調しあいながら、全体としてウナギのような進行波パターンを保ち、様々な目的や環境に対して柔軟に対応することができる。このような屈曲運動生物型ロボットの実現のためにはアクチュエータ自体の開発の他、多数のアクチュエータが協調的に動作するように制御する問題が解決されなければならない。

前報¹⁾では複数のバイメタルのような屈曲アクチュエータを用いたときの進行波パターンの形成について報告した。本報では前報で得られた制御則を用いたときの、屈曲運動生物型ロボットの向きの変化について報告する。

2. 方 法

屈曲移動型生物の運動パターンは、そのほとんどが全身を周期的に屈曲させて、体長方向に1波長が体長と等しくなる進行波を形成するものである。本研究で想定する屈曲運動生物型ロボットは、図1に示すように、多数のユニットが直列に配列しているもので、各ユニットには2個の伸縮型アクチュエータが平行に配置されており、一方が伸び、他方が縮んで屈曲するものとする。このとき全体として進行波を形成するには、各アクチュエータに図2で示す変位を与えれば良い²⁾。このときユニット群は(疑似)進行波の形を形成するが、その向きは不定である。すなわち図3に示すように、ある進行波パターンが時間とともにその位相を変化させるとき、全体の向きが変化することが考えられる。ユニット群を拘束する条件を考えなければ、この向きはユニットが移動するための運動エネルギーが最少になるような向きである。

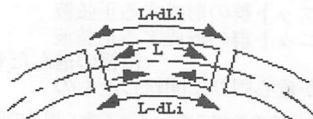


図1 ユニットの模式図

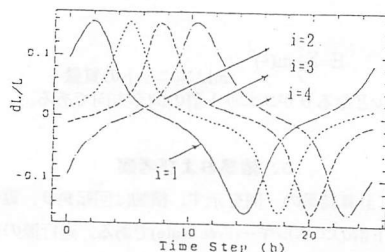
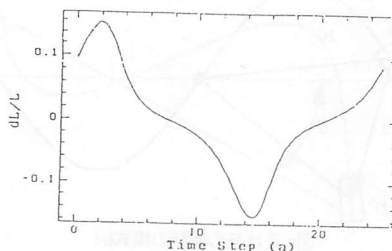
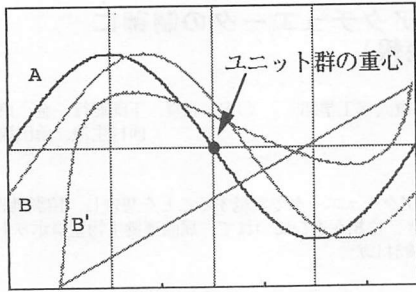


図2 ユニットの伸縮率の推移

図4の状態Bは状態Aに対して重心周りに角 θ だけ回転している。このときユニットaは重心周りに回転および並進運動を行ってb'の位置に移ったと考えられるが、本報では回転角 θ が微小であると仮定してaからb'に距離lの直線運動を行ったと考えた。この変位が時間間隔tで行われたとすると状態A \rightarrow Bへの回転に必要なエネルギーはすべてのユニットのエネルギーの合計であ



A:ユニット群の形成する正弦波
 B:ユニット群の形成する正弦波
 (位相の進んだもの)
 B':Bが重心周りに回転したもの

図3 進行波の位相の変化による重心周りの回転

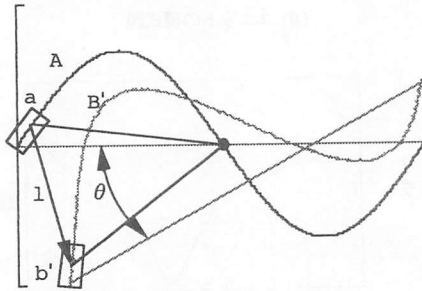


図4 進行波の回転の模式図

るので、

$$E = \sum \frac{1}{2} m \left(\frac{b}{t}\right)^2$$

m はユニットの質量
 E が最少となる θ がユニット群の向く方向である。

3. 結果および考察

図5に計算結果の一例を示す。横軸は回転角 θ 、縦軸はユニット群のエネルギー(Free scale)である。進行波の位相速度は5deg./sec.とした。

図に示されるように $\theta=0$ 、すなわち進行波の位相が変化してもそれによってアクチュエータ全体の向きが変化することはない。図5は初期位相が0deg.のときの結果であるが、初期位相を変えても同様の結果であった。

図2の制御則は進行波を等長にユニット数で分割し、それぞれを円弧で近似して求めたものである¹⁾。屈曲運動生物型ロボットを、進行波に限らず任意の形状に制御するときも同様に、その形を等長にユニット数で分割し、それぞれを円弧で近似して求めればよい。

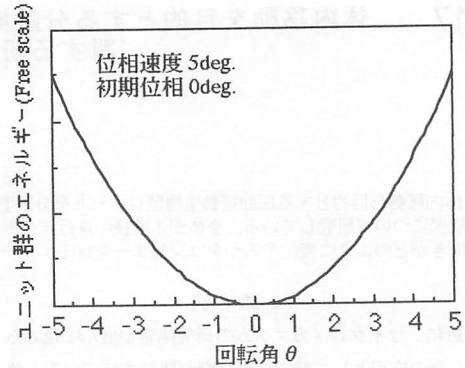


図5 回転角 θ とユニット群のエネルギーとの関係

4. 結言

直列配列ユニット群による屈曲移動ロボット制御の基礎研究として、全体が進行波形状を形成しその位相が変化してゆくときのユニット群の向きを検討した。今後、このユニット群の耐故障性などについて検討する予定である。

参考文献

- 1) 体内移動を目的とする分散協調型アクチュエータの制御に関する研究:宋 北夏 他:1993年度精密工学会春期大会学術講演会講演論文集 925-926