

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2019

課題番号：18K18836

研究課題名(和文) 振動により動力を伝達でき負荷に応じ変速する無段変速機の設計方法の確立とその実現

研究課題名(英文) Establishment of the design method for load-sensitive continuously variable transmission driven by vibration and its development

研究代表者

高木 健 (Takaki, Takeshi)

広島大学・工学研究科・准教授

研究者番号：80452605

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：振動で動力を伝達でき、環境の負荷に応じて減速比が変化する無段変速機を開発することを目的とする。振動により動力を伝達できるため、これまで動力伝達が困難であった場所にも動力伝達できる。この変速機の構造はシンプルであり、雌ねじとそれよりもう少し外径が小さい雄ねじによって構成される。製作した本機構の大きさは直径3mm、長さ10mmの円筒に収まるものである。また、質量は約0.3gである。230Hzの振動で1.0mm/sの直線運動を行うことに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

モノを動かすことは機械の大きな使命の一つである。工場では機械がモノを動かし加工し、組み立て、運ぶ。人間社会では車、飛行機、電車、家電、医療機器、検査機器に及ぶまで、機械がモノを動かしている。新たなモノを動かす方法が創出されれば、この機械の分野にイノベーションが起こるであろう。しかし、歯車、ワイヤなどを用いる方法の組み合わせによる動力伝達方法では、動力伝達可能な範囲は限定的である。そこで本研究では従来とは異なる動力伝達方式として振動により動力を伝達する機構を提案しその機構を検証した。

研究成果の概要(英文)：The purpose is to develop a continuously variable transmission that can transmit power by vibration and whose reduction ratio changes according to the environmental load. Since power can be transmitted by vibration, power can be transmitted to places where it is difficult to transmit power by using traditional technology. The proposed structure of this transmission is simple. It consists of a female screw and a male screw with a slightly smaller outer diameter. The size of the developed transmission fits in a cylinder with a diameter of 3 mm and a length of 10 mm. The mass is about 0.3g. It can operate in a linear motion of 1.0 mm/s with a vibration of 230 Hz.

研究分野：ロボティクス

キーワード：動力伝達機構

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

モノを動かすことは機械の大きな使命の一つである。工場では機械がモノを動かして加工し、組み立て、運ぶ。人間社会では車、飛行機、電車、家電、医療機器、検査機器に及ぶまで、機械がモノを動かしている。新たなモノを動かす方法が創出されれば、この機械の分野にイノベーションが起こるのであろう。しかし、たとえば細く小さい機器に動力を伝達することは容易ではなく、従来のシャフト、歯車、ワイヤなどを用いる方法の組み合わせによる動力伝達方法では、動力伝達可能な範囲は限定的である。そこで本研究では振動で動力を伝達でき、環境の負荷に応じて減速比（俊敏さと力強さを調節する比率）が変化する無段変速機（CVT）を開発し、実用化を念頭に置いて設計方法を確立することを目指す。

2. 研究の目的

本 CVT の最大の特長は構造体を振動させることで動力を伝達できる点である。この特長により図 1 に示す応用が実現できる。図 1 (a) のように狭空間への動力伝達は、従来のシャフト、歯車、ワイヤなどの組み合わせでは容易ではない。一方、本 CVT であれば、構造体を振動させることにより動力が伝達できる。また、図 1 (b) のように把持した機器に動力伝達することは容易ではないが、把持した対象を振動させることは容易である。ゆえに、本 CVT であれば脱着する必要がある機器へも容易に動力を伝達できる。さらに、図 1 (c) のように完全に密閉された空間であっても、振動であれば伝達することは容易である。つまり、本 CVT であれば完全に密閉された空間にも動力を伝達できる。また、本 CVT は電気要素を用いないため、電気要素が苦手とする厳しい環境でも使用できる。

性能目標としては本 CVT の自重の 100 倍の重さを持ち上げることができる推力を得られ、大きさは直径 3 [mm]、長さ 10 [mm] の円柱に収まるものを開発するとともに、本 CVT の設計方法を明らかにすることを本研究の目的とする。

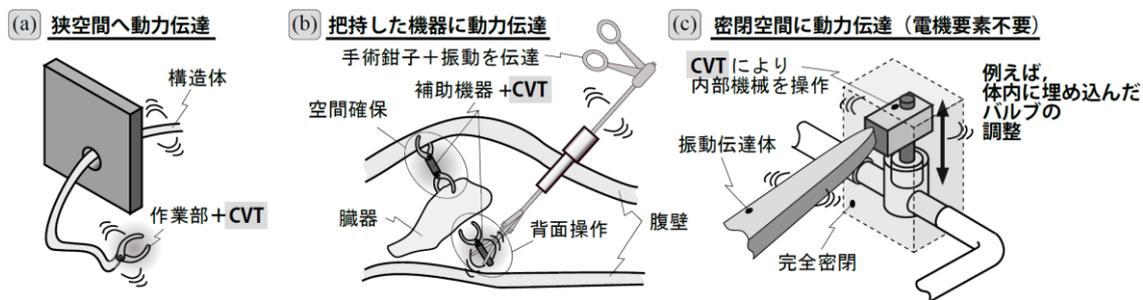


図 1 提案する CVT による動力伝達

3. 研究の方法

ここで申請当初に予想していた動作原理について述べる。提案する CVT は図 2(a) のようなねじで構成されており、雄ねじの径が雌ねじより少し小さい。(a) のように雌ねじを x 軸と y 軸で 90 度位相をずらして振動させると、(b) のようにそれぞれの円周が異なるためずれが生じ、雄ねじは回転する。ここで、(c) のように雌ねじと雄ねじが接触している位置に着目すると、その接触位置によって接触している円周が異なることが分かる。これにより低負荷時には俊敏に動作（減速比：小）、高負荷時には力強く動作（減速比：大）することができ、CVT の機能を実現することができる。

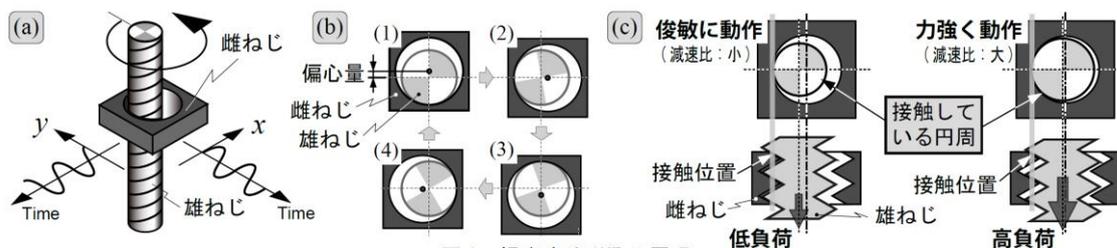


図 2 提案する CVT の原理

製作した実験装置を図 3(a) に示す。本体に対して振動板が 4 本の直径 1 mm のピアノ線で吊るされており、振動板は水平面 (x - y 平面) 上で運動できる。振動板を振動させるために回転軸に対して偏心した位置に重心がある錘をモータで駆動させる装置が付いている。モータは Maxon 社製 EC10 を用いて、そのモータを制御するモータドライバには Maxon 社製 DEC 50/5 を用いた。この振動板の運動を計測するためには、レーザー変位計（キーエンス社製、LK-G30）を用いた。製作した CVT を図 3(d) に示す。2 章で述べた大きさが直径 3 [mm]、長さが 10 [mm] の円筒に収まる大きさと製作した。雄ねじの材料は真鍮を用い、雌ねじはポリアセタールを用いて製作した。また、事前研究において良好に駆動できた MC ナイロンでも雌ねじを作製した。ただし、図 3(d)

の写真では目標の大きさに収まることを示すために雌ねじを小さく製作した例である．実際に試験を行うときには固定方法を考慮し，雌ねじは図 3(e)のモノを用いた．材料も雄ねじと接触する部分の形状も図 3(d)と同様となっている．振動板への取り付け方は図 3(a)を下から撮影した図 3(b)を参照されたい．雌ねじは M2 並目のタップを用いて製作した．そのため，雌ねじの外径は約 2 [mm]になっていると考えられる．また，雄ねじはダイスを調節することで，少し外径を小さくし約 1.9 [mm]とした．雄ねじには穴が開いており，そこに錘を吊るすことにより負荷を加えられる構成となっている．雄ねじの質量は約 0.3 [g]である．さらに，必要に応じねじの運動を観察するために図 3(c)のように高速カメラを取り付けるられ，4 台のカメラを同期させ画像を録画できるようにした．

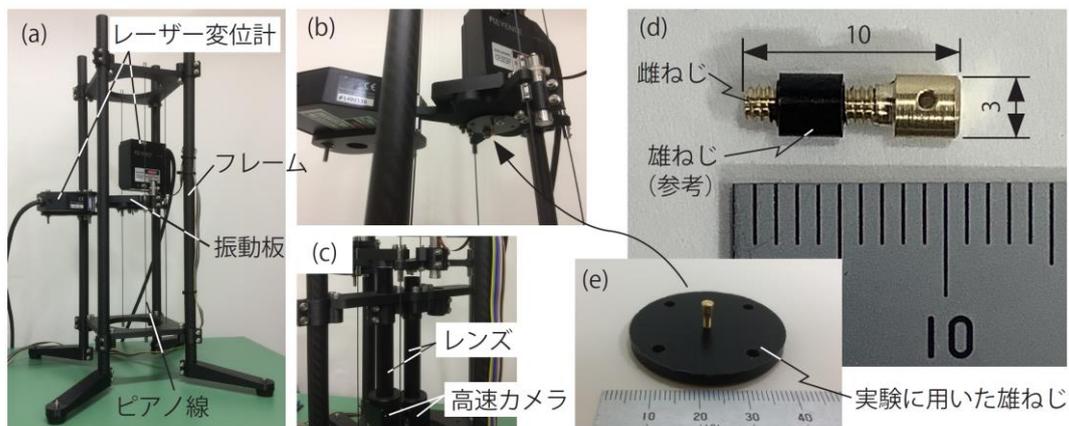


図 3 製作した実験装置と CVT

4. 研究成果

2 章の原理に基づきねじが駆動された場合，任意の振動数で駆動することが可能となるはずである．しかし，3 章で述べた実験装置を用いて実験を行ったところ，雌ねじの材料を MC ナイロンとしたときには駆動できなかった．また，材料をポリアセタールに変更すると特定の周波数では駆動することができた．駆動できたときの実験結果を図 4 に示す．図 4 (a)はおねじの変位であり，正転・逆転ができており，またその動作速度は 1.0 [mm/s]となった．振動板の変位を図 4 (b)に示す．錘を回転させることにより生じる強制振動と振動板の固有振動が合わさって振動している．振動数が高いために図 4 (b)のみではどのように振動していたか分かりにくいため，2.5 [s]付近を拡大したものを図 4 (c)に示す．強制振動の振幅は約 0.015 [mm]で周波数は約 230 [Hz]である．しかし，負荷を加えるために錘を吊るすと駆動することができなくなった．

この原因は究明できていないが次のように考えている．上記で述べた周波数以外のところにおいては，雄ねじの質量が小さく，振幅が小さいために，雄ねじに生じる力も小さく摩擦に打ち勝つことができなかつたために，駆動できなかったと考えている．一方，特定の周波数においてのみ駆動できたということは，共振点でのみ駆動できたと考えるのが妥当であると考えている．共振点においては雄ねじの振幅が大きくなり，図 2 の(a) (b)のように雌ねじに対し雄ねじが回転したと考えている．また，正転・逆転ができていることよりからも，振幅が大きい場合においては申請時に考えていた動作原理が成り立っていると推測できる．また，錘を付け負荷を加えると動かなくなったのは共振点がずれたためであると考えられる．

事前研究でも類似の現象は観測されていたが今回ほど顕著ではなく，事前研究においては自重に対し 100 倍の負荷を持ち上げることに成功している．今回，事前研究とは大きく異なる結果となり，無負荷時においては駆動できたという結果になった．製作した CVT の性能はさえないものとなったものの，事前研究の段階では共振点などを考慮していなかった．本研究を通して本 CVT において，共振点と考えるある特定の周波数を考慮する必要があることが明確になったことは本研究の大きな成果である．また，共振点で駆動できるのであれば，共振点は何によって決まるかを明らかにする必要がある．このことが明確になれば，負荷を加える適切な方法が明らかになると考えている．小型のねじを駆動するにとどまり，また設計方法の確立には至らなかったが，事前研究では得られなかつた性能に影響する知見が得られたため，この知見を基に今後更なる研究を重ねていく予定である．

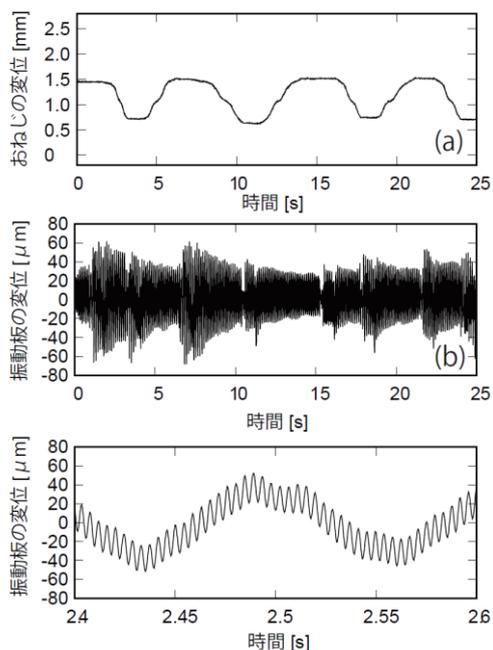


図 4 実験結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----