The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	テッポウエビのハサミを模倣した機械によるキャビテーションの研究
Author(s)	
Citation	令和4（2022）年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2023
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/90991
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式６

申請先学部　工　　学部　採択番号　No.　6

令和４年度大阪大学未来基金「学部学生による自主研究奨励事業」研究成果報告書

ふ　り　が　な 氏　　名	いしづか　あきひろ 石塚　　陽広	学部 学科	工学部 応用理工学科	学年	１年
ふりがな 共　同 研究者氏名		学部 学科		学年	年
					年
					年
アドバイザー教員 氏名	兼松　泰男	所属	理学研究科		
研究課題名	テッポウエビのハサミを模倣した機械によるキャビテーションの研究				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。（先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。）				

1.　研究目的

以前、YouTube の動画でテッポウエビのハサミについての話を聞いた[1]。小さな体からキャビテーションバブルを発生させることに非常に興味深く感じた。先行研究では、テッポウエビのハサミは Cocking Slip Joint と呼ばれる特殊な関節を用いることで大きな力を瞬時に出していることが分かっている[2]。また、このような研究を基にテッポウエビのハサミの形状を模しているが機構としては単純な回転機構を使用した装置を用いてキャビテーションを発生させる研究や、Cocking Slip Joint を空気中で再現する研究が行われている[3][4]。また、テッポウエビのハサミを用いてキャビテーションを発生させることは従来の方法に比べてエネルギー効率が良いことも知られている[3]。今回の研究では、Cocking Slip Joint を模したテッポウエビのハサミの装置を作成し、水中でキャビテーションを発生させることを目的とした。

2.　研究方法

3DCAD（Autodesk Inventor Professional 2023）を用いてテッポウエビのハサミを模した装置を設計する。実際に装置を組み立てる。骨組みは 9 mm ×9 mm のアルミ角パイプを使用する。アクチュエーターには、株式会社タミヤ製 4 速ウォームギヤボックス HE を 2 基使用する。また、ハサミの土台となる板の部分には厚さ 8 mm のポリアセタール製の板（POM 板）を使用する。アクチュエーターとハサミの接続には針金を使用し、1 か所ばねを取り付ける。

ハサミの製作

ハサミについては科学機器リノヴェーション・工作支援センター formlabs 社 Form3＋を使用して作成した。

3.　Cocking slip joint について

Cocking slip joint は一部のテッポウエビ属（*Alpheus brevicristatus*）に備わっている機構である。

回転軸をずらすと急激に力が加わるようにすることでハサミを素早く閉じることが出来る。

テッポウエビのハサミに加わる力は大きく分けて３種類ある[2]。ハサミを開ける力（V０）、ハサミにパワーを溜める力（V１）、ハサミを閉じる力（V２）である。それぞれ力の加わる方向が異なる。ハサミの閉じ方は、ハサミを開けた状態でＶ１に力を入れる(図１　H)。このとき V1 は開く方向に働く。次に V2 に力を加えることで回転軸が動き、V1 が回転軸を越え閉じるように働く（図１ I)。V1 は大きな力であるため、ハサミは素早く閉じる（図１　J)。V1 の作用点が回転軸を超えるまでは V1 は開く方向に働いているため大きな力を加えても閉じる心配はない。このように回転軸をずらすことで V1 のかかり方向を変化させ、ハサミは素早く閉じることができる。

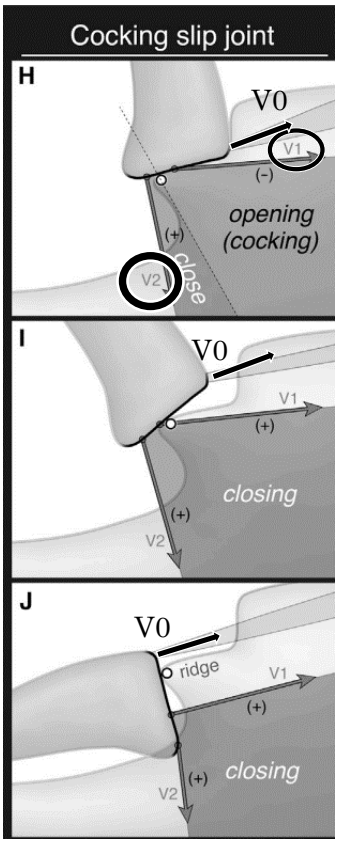


図１　Mechanics of Claw Closing in Slip Joints and Cocking Slip Joints, Kaji, T., Anker, A., Wirkner, C. S., & Palmer, A. R. (2018). Parallel saltational evolution of ultrafast movements in snapping shrimp claws. *Current Biology*, *28*(1), 106-113.より引用し一部改変

4. 経過

実験装置の作成

実験装置の作成に当たって、テッポウエビの筋肉によってハサミにかかる力を再現することを目指した。

3DCAD を用いて図２のような装置を設計した。Cocking slip joint の特徴の一つが V1 に力を溜めることが出来る点である。3DCAD 上では再現していないが、V1 の針金の途中にばねを入れることで針金に常に力が加わるようにした。

図３に開いた状態のハサミに V0、V1、V2 が加わる向き、つまり針金を引く方向を示す。針金が終わっている部分の円柱を使用して針金の向きを変え、上部に設置されているモーターが巻き取るようにした。V0 と V2 は同じモーターに巻く方向を変えて取り付けた。図４に製作した装置全体を示す。

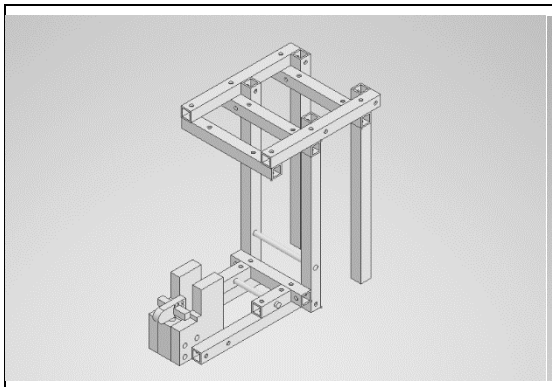


図２　3DCAD データ

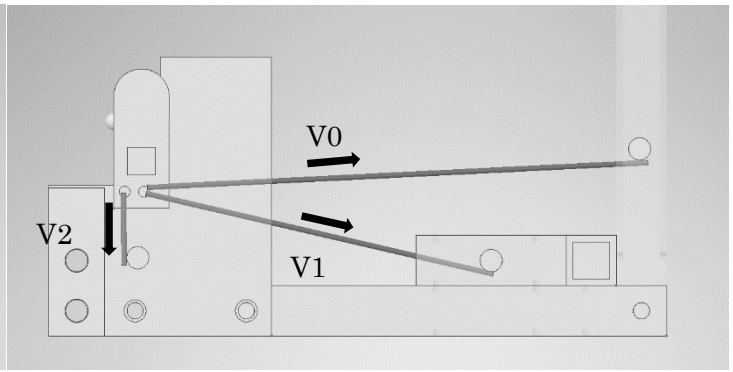


図３　それぞれの針金が引く方向

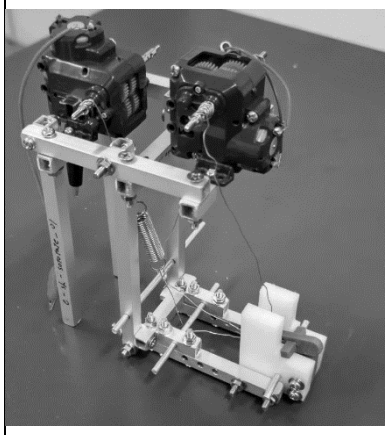
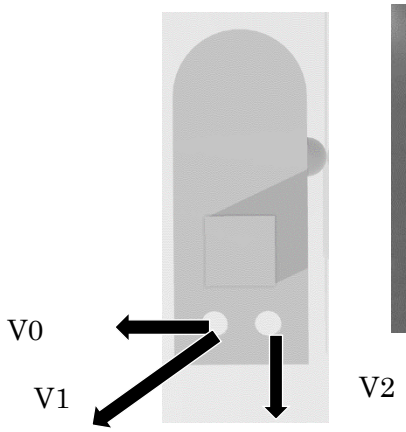
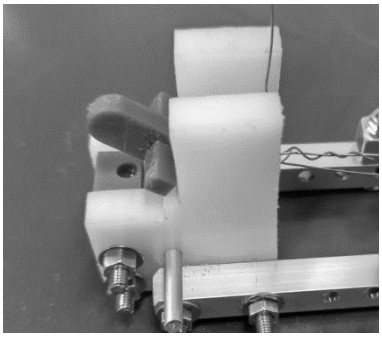


図４　装置全体図

ハサミ１号機

実際に以下のような装置を作成した。この時使用した上側ハサミをハサミ１号機とする。図 5 はハサミ１号機の開いた状態の CAD データと加えた力の向き、図 6 はハサミ１号機の V0 を引いた状態、図 7 はハサミ１号機の V2 を引いた状態である。





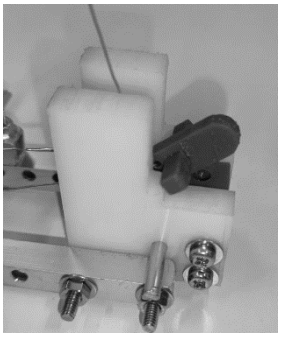
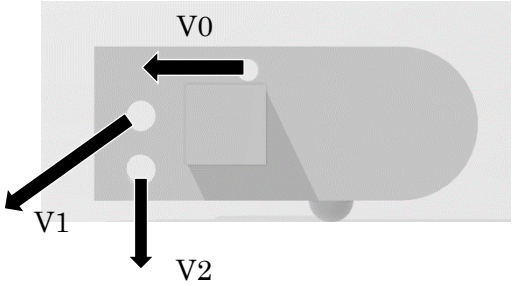


図 5　ハサミ１号機の CAD データと加えた力の向き　図 6　ハサミ１号機の V0 を引いた状態　図 7　ハサミ１号機の V2 を引いた状態

ハサミ１号機では V1 が閉じる方向に加わってしまい、十分に開くことが出来なかった。V1 を大きな力で引いた際に、回転軸と針金が一直線になろうとしたため中途半端な位置で止まってしまったと考えられる。また、本来はハサミを開く力である V0 も回転軸よりも下側についていたため V1 と同様に回転軸と V0 の針金が一直線になろうとしたため閉じる方向に力を加えてしまったと考えた。

ハサミ２号機

ハサミ２号機では V0 の針金を通す穴の位置を変更し、V1 の方向を調整するために針金の向きを変える棒の位置を変更できるようにした。また、土台のハサミと触れる部分をやすりで削り滑りやすくした。図 8 はハサミ２号機の閉じている状態の CAD データと加えた力の向き、図 9 はハサミ２号機の V0 を引いている状態、図 10 はハサミ２号機の V2 を引いている状態である。



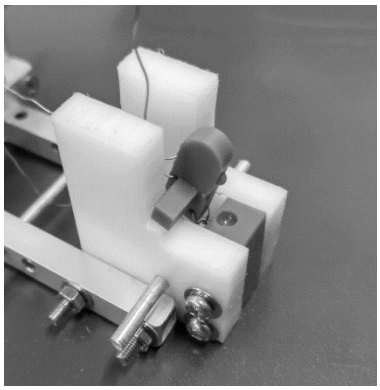
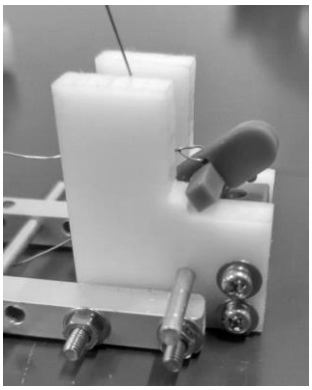
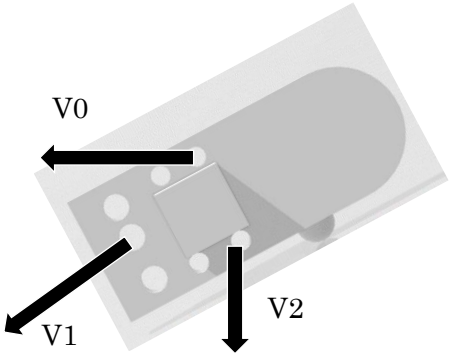



図 8　ハサミ２号機の CAD データと加えた力の向き　図 9　ハサミ２号機の V0 を引いている状態　図 10　ハサミ２号機の V2 を引いている状態

ハサミ２号機ではハサミ１号機よりも開くことが出来た。しかし、閉じることについてはまだ中途半端な位置で止まってしまった。要因の一つとしては V2 の穴の位置が回転軸よりも本体側にあるため、回転軸と V2 の針金が一直線になると完全には閉じないことが考えられる。

ハサミ３号機

ハサミ３号機では穴を増やし、穴の位置を調節しやすくした。V1 の針金に対して大きな力が加わっていたため、針金を太いものに変更した。また、V0、V2 の針金を干渉しないように止め方を変更し、二本に増やした。図 11 はハサミ３号機の閉じている途中の CAD データと加えた力の向き、図 12 はハサミ３号機の V0 を引いている状態、図 13 はハサミ３号機の V2 を引いている状態である。



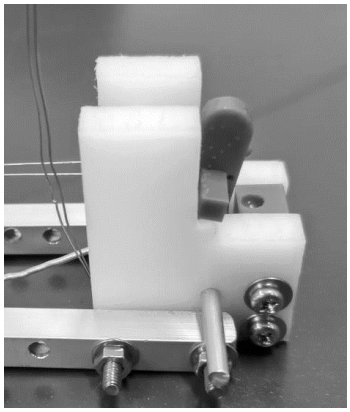
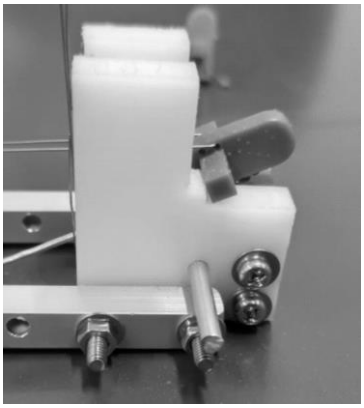



図 11　ハサミ３号機の CAD データと加えた力の向き　図 12　ハサミ３号機の V0 を引いている状態　図 13　ハサミ３号機の V2 を引いている状態

ハサミ３号機では十分に開き、また閉じることも出来た。また、回転軸をずらす Cocking Slip Joint 特有の動きも再現することが出来た。しかし、ハサミはゆっくりと閉じていてキャビテーションを発生させるには遅いことは明らかだった。

5. 考察

ハサミ１号機やハサミ２号機で上手くいかなかった要因の一つとして V0、V2 の作用点が適切でなかったことがあげられる。これは、ハサミ３号機では改善されていたため解決したと考えた。ハサミ３号機の問題点にはハサミがゆっくりと閉じていったことが挙げられる。これは V0 が上手く働いていないことが考えられる。ハサミ３号機と実際のテッポウエビの V1 の作用点を比較するとハサミ３号機は作用点が回転軸と離れていることが異なっているように感じた。しかし、作用点が回転軸に近づくことはトルクが小さくなるため、大きな力を加える必要がある。

今回の実験では土台の回転軸と接する場所の形状に関してはあまり考慮していなかった。テッポウエビの形状は回転軸部を尖らせている。この形状の方が閉じた時に V1 の針金が本体側に多く引けるので回転が途中で止まることを防ぐことが出来ると思われる。本研究では目的としていたキャビテーションを発生させることができなかった。原因は現在調査中である。考察で述べたことも含めて、今後実験装置を改良することで確かめていきたい。

6. 参考文献

[1] ナショナルジオグラフィック TV .“テッポウエビのプラズマ衝撃波 | ナショジオ” Youtube, uploaded by ナショナルジオグラフィック TV, 2020 年 11 月 22 日, https://www.youtube.com/watch?v=Ezslh1glDlM URL.

[2] Kaji, T., Anker, A., Wirkner, C. S., & Palmer, A. R. (2018). Parallel saltational evolution of ultrafast movements in snapping shrimp claws. *Current Biology*, *28*(1), 106-113.

[3] Tang, X., & Staack, D. (2019). Bioinspired mechanical device generates plasma in water via cavitation. *Science advances*, *5*(3), eaau7765.

[4] 田島貴一, 矢木啓介, & 森善一. (2021). テッポウエビのハサミ関節構造を模した高速運動デバイスの開発. In *ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2021* (pp. 2P3-I01). 一般社団法人 日本機械学会.