

## アメリカザリガニ第一胸脚の鋏力の測定

田中 孝国\*, 岡山 貴紀, 朴本 尚哉  
小山工業高等専門学校 物質工学科 (〒323-0806 小山市中久喜 771)  
\*tanakatakuni@oyama-ct.ac.jp

### Measurement of the shear strength of the first thoracic leg of the American crayfish

Takakuni TANAKA, Koki OKAYAMA, and Naoya BOKUMOTO

National Institute of Technology, Oyama College  
(771 Nakakuki, Oyama City, Tochigi 323-0806, JAPAN)

(Received April 4, 2025; Accepted May 12, 2025)

The American crayfish is widely known as an ecosystem-destroying organism and is designated as a conditionally invasive alien species. There has been much research on how to exterminate crayfish and how to effectively use them after extermination. Focusing on the crayfish's scissors structure and pinching force, we considered the development of small medical instruments (forceps, etc.) for surgical procedures. Scissors have a complex structure, and their relationship to body weight and other factors is unknown. In this report, we measured the shear force of crayfish scissors. The results showed that male crayfish had scissor forces more than 110 times greater than their body weight. Female crayfish could not be measured with the same sensor as males. The high shear force of crayfish scissors suggested that the scissors could have applications in areas requiring strong localized force.

Key words: American crayfish, *Procambarus clarkii*, sheer strength, first thoracic leg

#### 1. 背景

アメリカザリガニ(*Procambarus clarkia*, 以降ザリガニ)は河川や湖沼に住む, 体長約 6~15 [cm], 重さ約 15~50 [g]の十脚目アメリカザリガニ科に属する北アメリカ原産の生物種で, 一般的に体色は赤色, 性格は攻撃的である。我々が普段見かけるザリガニは, 食用ガエルの餌として輸入されたものが養殖場から逃げ出し, 日本全国に定着している野生化した個体である[1]。ザリガニは雑食性, 繁殖力が強

い, 長距離の移動が可能, という特徴があり生息範囲を広げやすい生物である[2]。現在, ザリガニが問題視されている点は2つある。まず, 様々な地域固有種の生物を食べてしまう点, 続いて巣穴を掘ることにより圃場ではしばしば漏水が生じ農業被害を起こすことが問題視されている[3]。これらのことからザリガニは現在, 条件付き外来生物として指定され輸入販売が禁止されている。

ザリガニの行動を支えているのは, 第一胸脚(特徴的な2つのハサミ, 以降ハサミ)であるとされている[4]。この

ハサミは、食事、巣穴を掘る、壁によじ登る、攻撃や防衛などの行動をとる際、ザリガニの全体重を支えるぐらい強固で強い鈹力を有している。ハサミは数 cm の大きさではあるものの、その強靱な挟む力(以降、鈹力)は着目に値する部分である。今回我々は、このザリガニのハサミの構造および鈹力に着目した、外科手術用の小型医療用器具の開発を考えた。様々な小型医療用器具の中でも患部を傷めずに固定する器具である鉗子は、繊細な機能が求められていると同時に、操作性やポータビリティ(軽量で持ち運びやすい)に優れていることが要求される。本報告では、まずザリガニの2つのハサミの鈹力についての測定を実施した。

## 2. 実験

### 2-1 ザリガニの採集

小山市の水田近くの水路で、土地所有者の許可を得た後に、ザリガニを採取した。採取したザリガニは雌雄合わせて30匹であり、採取時の大きさは7~10 [cm] であった (Fig. 1)。採取したザリガニは、共食いを防ぐために個体ごとに飼育スペースを確保し、人工飼料であるペレット状の市販の餌(キョーリン社)を与え2か月以上飼育した後、以降の実験に用いた。ザリガニの体長の測定はデジタルノギス、体重の測定は電子天秤を使用した。



Fig. 1 小山市内の水路 (左), 採取したザリガニ (右)

### 2-2 鈹力の測定機器について

ザリガニのハサミの示す鈹力の測定には、市販されている押圧検知測定装置「RP-C-MK01X」(単位[g]で付属ディスプレイに表示される)を用いたが(Fig. 2 左), 付属してい

た丸型のフィルム型センサー(直径 10 [mm], 厚さ 0.5 [mm], メーカー不明)部分が測定時にザリガニの鈹力により途中で破壊されたため、正確な測定が不可能であった。そのため、秋月電子通商にて販売されているフィルム型センサー(MF02A-N-221-A01, 縦 83.1×横 43.7×厚さ 0.43 [mm], Fig. 2 右, 以降センサー)と交換し、鈹力の測定を実施した。更に、ハサミとセンサーの密着性およびセンサー強度を増すため、改良を実施した。具体的には、0.5 [mm] のステンレス製板材と 0.5 [mm] のシリコン製シートをセンサー部分に重ね、鈹力を測定した。

尚、ザリガニは必要性が無い場合はハサミを用いた挟む行動をとらないため、鈹力測定の際はセンサーを積極的に挟ませるために、飼育槽の外に出してザリガニにセンサーに興味を持たせるような刺激を与えた後、改めてセンサーを挟ませた。

### 2-3 鈹力の測定

飼育したザリガニのオス 5 匹, メス 5 匹を実験に供し、それぞれ 3 回ずつ体長、体重の測定を実施した。続いて鈹力を測定し、[g] 単位でデータを得た。

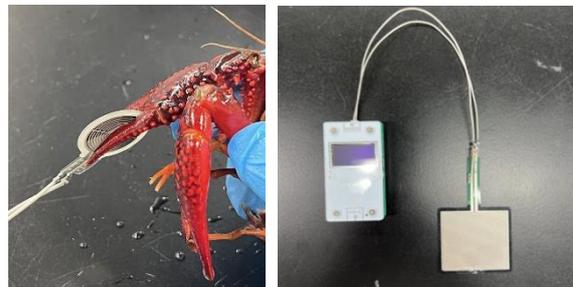


Fig. 2 圧力センサーを挟むザリガニ (左), センサー交換後の鈹力測定装置 (右)

## 3. 結果のまとめ

### 3-1 ザリガニの体長・体重と鈹力の関係

測定数はオス, メスともに 5 匹ずつ, 測定は 1 匹について 3 回行い, 平均値および標準偏差を算出した。

Fig. 3, 4 にオスの体長, 体重と鈹力の相関を示した。測定の結果, オスザリガニの平均体長は  $82.9 \pm 3.5$  [mm], 平

均体重は  $22.7 \pm 2.2$  [g], 平均鉗力は  $199.9 \pm 23.3$  [g], であった。体長・体重ともに、大きい個体の方が鉗力が大きい傾向が見られたが相関性は見られなかった。

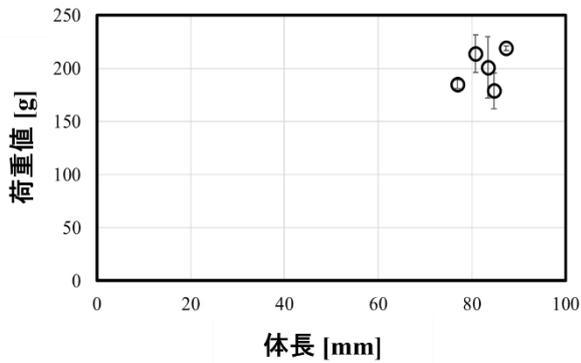


Fig. 3 体長と鉗力の関係(オス)

平均鉗力は  $143.4 \pm 28.8$  [g] であった。オスと同様に、体長・体重ともに増加するにつれ鉗力が大きくなる傾向が見られた。

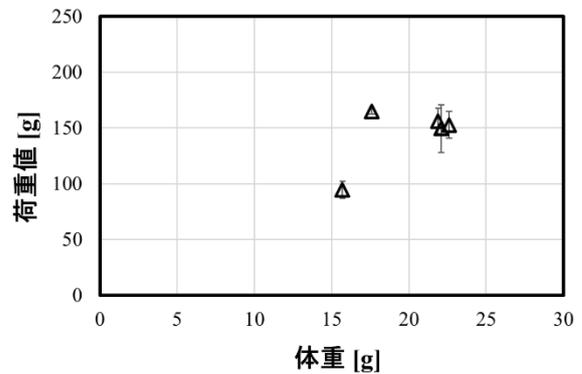


Fig. 6 体重と鉗力の関係(メス)

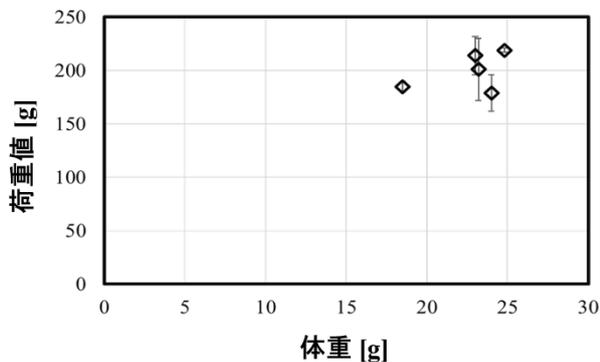


Fig. 4 体重と鉗力の関係(オス)

### 3-2 ザリガニの鉗力の推算値と測定結果の比較

日本生息のザリガニに関する鉗力の報告例が無かったため、他の種の報告例を基に鉗力を予測した。タスマニアキングクラブは体重の約 30 倍[5], ヤシガニは約 90 倍[6], の鉗力を持っていることが判明している。今回、この報告例を基にザリガニの体重を平均の 20g, 鉗力を体重の 30~90 倍と仮定すると、ザリガニの鉗力は以下のように予測された。

$$\text{ザリガニ鉗力予測値} = 20 \text{ [g]} \times 30 \sim 90 \text{ 倍} = 600 \sim 1,800 \text{ [g]}$$

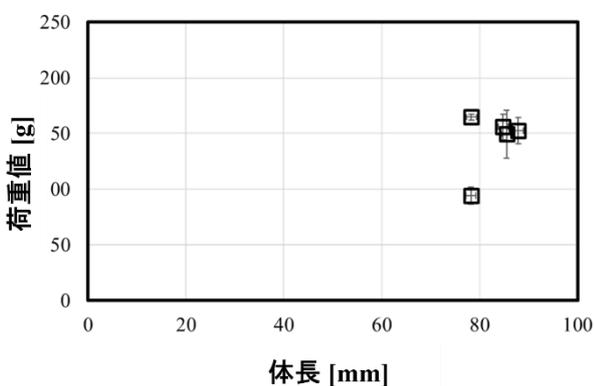


Fig. 5 体長と鉗力の関係(メス)

上記の計算値と今回の測定した鉗力を比較すると、大きく下回っていることが判明したため、改めてザリガニがハサミでセンサー(や他の物質)を挟んでいるところを観察すると、ハサミの内側にある突起物 (Fig. 7) に強く力が入っており、突起物の鉗力によりセンサーを破損させる場合があること、センサーの感知部分と突起物がずれてしまい正確に鉗力の測定ができていない可能性があることが考えられた。従って、センサーの交換および破損への対応が必要であることが判明した。

続いて、Fig. 5, 6 にメスの体長、体重と鉗力の相関を示した。平均体長は  $82.9 \pm 3.9$  [mm], 平均体重は  $20.0 \pm 2.8$  [g],

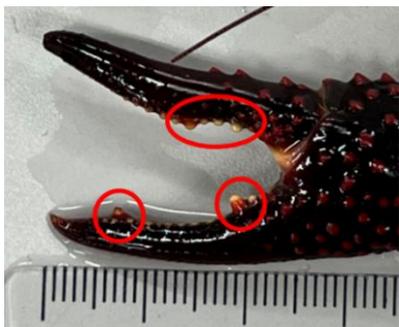


Fig. 7 ザリガニのハサミ拡大図 (オス)  
○で囲った部分が突起部分である

### 3-3 センサー部位の改良

以上の結果より、正確な鉈力およびセンサーの破損防止を目的として、センサー部位の改良について検討を行った。まず、センサーの破損防止を目的として、0.5 [mm] ステンレス製板材を用い、センサーを両側から挟んで測定を行った。その結果、鉈力によりセンサーが歪むことを防ぐことができたが、センサーとのステンレス製板材との密着度が低く、測定した鉈力が大きくばらついていた。続いて、センサーとの密着性を目的として、0.5 [mm] シリコン製シートを用い、センサーを両側から挟んで鉈力測定を実施した。その結果、ハサミはセンサーを把持している様子が観察されたが、センサーのみで測定した時と同様に、センサーが歪み、破損してしまう現象が観察された。そこで両方の特性を生かすために、ステンレス製板材(SUS)とシリコン製シート(Si)の両方を用いてセンサーを挟み込み(Fig. 8, 9)、測定を実施したところ、ステンレスによる歪み防止、シリコンシートによるセンサーとの密着性向上が可能となった。尚、シリコンシートとステンレス製板材を上下逆に使用すると、センサーとステンレス製板材との密着度が低下する現象が見られた。

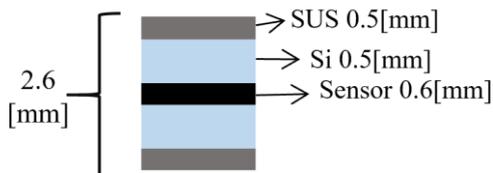


Fig. 8 改良したセンサー部位のイメージ図

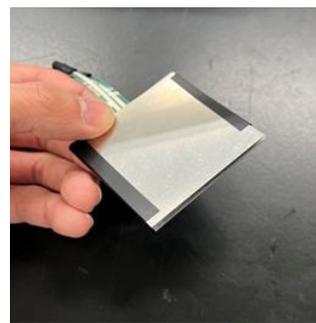


Fig. 9 改良したセンサー部位の写真

### 3-4 改良したセンサーを用いた鉈力測定結果

Fig. 9のセンサーを用いて、オス個体5匹の鉈力の測定をそれぞれ5回ずつ実施した (Fig. 10)。得られた測定値から、鉈力の平均は  $1,204 \pm 307$  [g] であり、これは体重の約40~80倍であった。改良前の測定値の5~10倍の値を示しており、測定終了後もセンサー部位の破損およびセンサーに歪みなどが生じなかったことから、ザリガニハサミの鉈力は改良前よりも、正確に測定できていることが示唆された。得られた結果から、ザリガニのオスは体重の約40倍以上の鉈力を持つことが判明した。

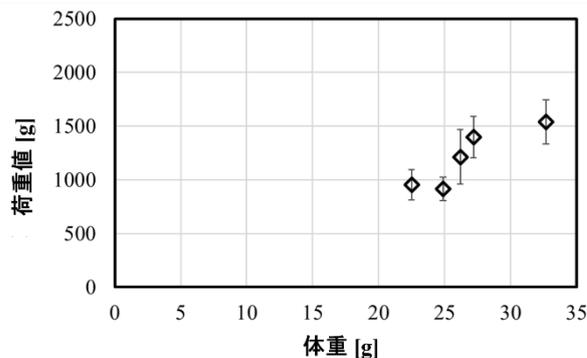


Fig. 10 改良したセンサーによる  
ザリガニオスの鉈力測定

その一方で、メス個体はセンサー部位が2.0 [mm] を超えるとハサミで挟めず鉈力が測定不可能であることが判明した。そこで、ステンレス製板材を0.1 [mm] のものに変えてオス・メス両方の測定を再度実施した。

新たに 0.1 [mm] のステンレス製板材を 0.5 [mm] のシリコンシート上に取り付けたセンサーIIを作製した(Fig. 11)。このセンサーIIを用い、オス・メスそれぞれ 10 匹ずつ鉋力を測定した。オスの測定値を Fig. 12 に、メスの測定値を Fig. 13 に示した。0.1 [mm] のステンレス製板材を用いた結果、オス・メスどちらにおいてもしっかりと挟み込めている様子が見られた。また、測定中、測定終了後もセンサー部位の破損およびセンサーに歪みなどは生じなかった。

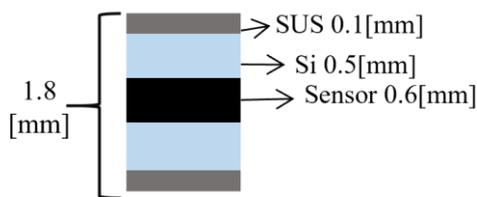


Fig. 11 センサーIIのイメージ図

Fig. 12 より、オスの鉋力の平均は  $2,921 \pm 570$  [g] であった。0.5 [mm] のステンレス製板材を使用した際と比べると 1,200 [g] 以上大きい値となっていたことから、鉋力の測定には 0.1 [mm] のステンレス製板材が適していると考えられた。同時に、ザリガニのオスは自身の体重の 100 倍以上の鉋力を持つことが判明した。最大を示したオスザリガニは、26.7 [g] 個体が 3,888 [g] の鉋力を記録しており、体重の約 145 倍の力を示していた。これらの値からザリガニは、タスマニアキングクラブやヤシガニよりも高い鉋力を持っていることが判明した[5,6]。

続いて Fig. 13 より、メス個体における鉋力の平均は、 $582 \pm 156$  [g]であり、体重の約 20 倍という結果となった。最大値でも 21.4g の個体で 634g と体重の約 30 倍であり、オスの測定値と大きく差が見られた。そのため、オスとメスのハサミの構造の違いについて観察した。

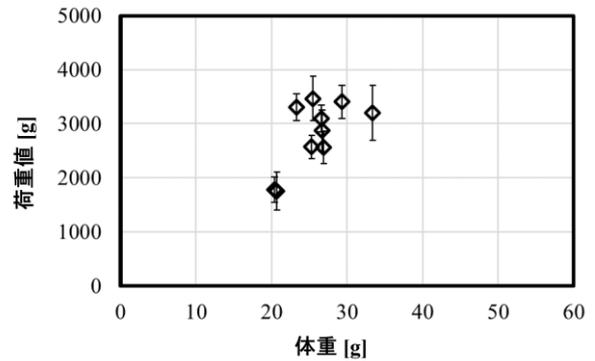


Fig. 12 センサーIIによるザリガニオスの鉋力測定

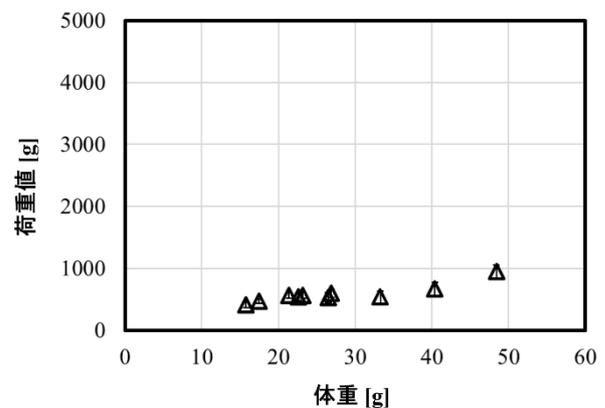


Fig. 13 センサーIIによるザリガニメスの鉋力測定

Fig. 14 はほぼ同サイズのオス・メスのハサミを比較した写真である。甲殻類のハサミは付け根が動く上側の可動肢と、ハサミ部分の下側にあたる不動肢に分かれており、オスは可動肢部分が下部に沿った形状になっているのに対して、メスの可動肢部分に湾曲がなく不動肢との間に隙間が空いているのが観察された。一般的にオスは、メスと比べハサミがより大型である。今回の測定でメスの鉋力がオスと比べて大幅に低くなった原因として、メスのハサミの大きさと形状が関係していることが判明した。ザリガニは、ハサミの上部に沿った形状の変化が鉋力に最も寄与するとの報告 [7] があることから、メスのハサミとセンサーの隙間が生じることで、センサーに鉋力が伝わらなかったことが考えられた。そのため、メス個体の鉋力を測定する際は、センサーとハサミの間に隙間ができないように、ステンレス製板材の上にも弾性のあるシリコンシートなど

の隙間を埋める物質を取り付ける対策が必要であることが考えられた。



Fig. 14 ハサミの閉じた状態 (左：オス, 右メス)

### 3-5 体重あたりの鉦力の計算

最後に、測定に使用した各センサーで得られた測定値をもとに、式(1)より平均体重あたりの平均鉦力を求めた (Table 1)。体重辺りのメスの鉦力が低いことが判明した。今回の実験で、ザリガニのハサミは小さい(約 40 [mm], Fig.14)が体重辺りの鉦力は非常に高いことが判明した。

Table 1 体重あたりの鉦力

表中の数値単位：[鉦力 g / 体重 g]

	センサーのみ	改良したセンサー	センサー II
SUS 板 [mm]	無	0.5	0.1
オス	8.8	45.1	113.2
メス	7.2	測定不可	21.1

## 4. 今後の方針

今回アメリカザリガニの鉦力について検討を実施し、オス個体においては体重の約 110 倍以上もの鉦力を持つこ

とが判明した。今後はメス個体のハサミに適したセンサーの改良やハサミの X 線撮影などを実施し、筋肉などの内部構造が力に及ぼす影響についても調査を行いたい。ザリガニの鉦は軽い、固い殻により強度がある、強い鉦力を持つなどの複数の利点がある。そのため、局所的に強い鉦力が必要な器材(例えば、鉗子のような小型医療用器材など)への応用の可能性についても今後検討する。

## 参考文献

- [1] 水井颯麻 他：アメリカザリガニによる 2 種のトンボ類幼虫に対する捕食, *CANCER*, No.32, pp.19-27 (2023)
- [2] 中田和義 他：季節と体サイズに応じたアメリカザリガニの効率的な駆除手法, 第 69 回 農業農村工学会大会講演会講演要旨集, p.671 (2020)
- [3] 環境省 HP 自然環境・生物多様性 (2025.03.26 閲覧) [https://www.env.go.jp/nature/amezari\\_mondai.html](https://www.env.go.jp/nature/amezari_mondai.html)
- [4] Roy A. Stein : Sexual dimorphism in crayfish chelae: functional significance linked to reproductive activities, *Canadian Journal of Zoology*, Vol. 54, No. 2 (1976)
- [5] Tadanobu INOUE et al., : Tissue structure and mechanical properties of the exoskeleton of the huge claws of the mud crab, *Scylla serrata*, *Journal of Materials Science*, Vol.58, No.2, pp.1099-1115 (2023)
- [6] Tadanobu INOUE et al., : Three-dimensional microstructure of robust claw of coconut crab, one of the largest terrestrial crustaceans, *Materials & Design*, Vol. 206, 109765 (2021)
- [7] Brian M. Malavé et al., : Size, shape, and sex-dependent variation in force production by crayfish chelae, *Journal of morphology*, Vol. 279, No.3, pp.312-318 (2017)