

# TENTORQUE: テントウムシの負の重力走性による 重心移動で動く機構および人と昆虫の相利共生に向けた展開

## TENTORQUE: Mechanism of movement by shifting the center of gravity by negative gravitropism in ladybugs and its development toward symbiosis between humans and insects

5119E008-4 喜納 恵理佳 指導教員 橋田 朋子 准教授  
KINA Erika Prof. HASHIDA Tomoko

概要：近年、昆虫の優れた能力に着目した研究が行われている一方で、その存在の小ささなどから蔑ろにする人や無関心な人が多い。我々は人の昆虫への印象や関わり方を変えるため、昆虫の優れた能力が人工物に作用する様子を見せたり、能力を増幅したりする仕組みが必要であると考え。本研究では特にテントウムシの負の重力走性に着目し、テントウムシの自重により左右どちらかへ傾くことで動く箱型天秤機構および回転しながら一方向に進むことが可能な円筒型直転機構を実現する。さらに人およびテントウムシの双方に利となる応用例を示す。  
キーワード：テントウムシ、負の重力走性、相利共生

Keywords: Ladybug, negative geotaxis, Mutually beneficial coexistence

### 1. はじめに

近年、昆虫の優れた飛翔能力や移動能力に着目した研究が盛んに行われている[1-3]。一方で、昆虫はあまり身近ではなく小さな存在であり、蔑ろにする人や無関心な人が多い。そこで、筆者らはこのような人の昆虫への印象や関わり方を変えるため、昆虫の優れた能力が人工物に作用する様子を見せたり、その能力を増幅したりする仕組みが必要であると考え。

本研究では、テントウムシの負の重力走性という重力方向と逆向きの方向に進む性質に着目する[4]。本稿ではテントウムシの負の重力走性により重心移動で動くことが可能な機構を TENTORQUE と呼ぶ。特にテントウムシの自重により左右どちらか一方へ傾くことで動く機構（以下箱型天秤機構）や、回転しながら一方向に進むことが可能な機構（以下円筒型直転機構）を実現する。さらにその機構を応用し人およびテントウムシの双方に利となる仕組みを提案し、人と昆虫の相利共生な関係構築の可能性を示す。



図 1 TENTORQUE

### 2. 提案手法

#### 2.1 箱型天秤機構の設計・実装と動作確認

箱型天秤機構はテントウムシが機構から逃げ出さず、かつテントウムシほどの軽さでも動かすことができる。そのため、本稿では最もサイズが小さい箱を選定し箱型の機構を採用する。図 1 に実装した箱型天秤機構を示す。箱は幅 120mm、直径 45mm の円筒型で、重さは 8.9g であった。箱にテグスをつけ、3D プリントした土台に引っ掛けた。機構にテントウムシを入れたところ、連続して左右を往復し動いた。テントウムシの個体による動作の差を確認するためテントウムシの体重と箱型天秤機構の傾きの関係を検証した。機構内でどちらか一端にテントウムシが来た時の箱型天秤機構の傾き  $\theta$  (°) をテントウムシ 13 匹に対して計測した。テントウムシの体重と傾き  $\theta$  (°) の関係を図 2 に示す。体重と傾き  $\theta$  (°) の相関係数は 0.718 となり、強い正の相関が示された。よって、箱型天秤機構において体重が重いテントウムシほど大きく動くことが明らかになった。また、最も軽いテントウムシでも動作することが確認できた。

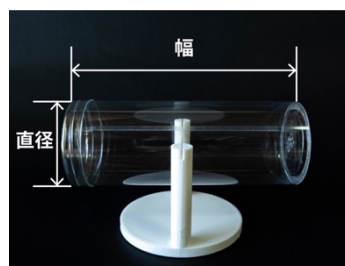


図 1 箱型天秤機構

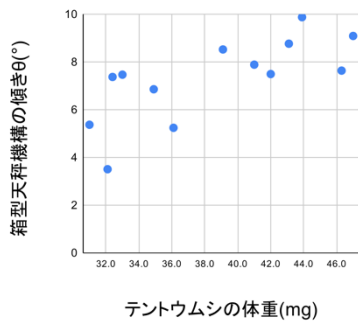


図2 テントウムシの個々の体重と傾きの関係

## 2.2 円筒型直転機構の設計および実装

円筒型直転機構はテントウムシが機構から逃げ出さず機構内を動くことができ、かつテントウムシの体重の軽さでも動かして移動できる。そのため機構は閉じた形状で、回転することで移動可能な円筒型を採用する。実装に際してテントウムシの軽さでも動作可能なサイズを検証する。さらに、光の透過度による動作の変化を検討するため、不透明のABS樹脂および半透明のFullCure720の2種の素材について検証した。まず、直径が35mm、幅が11~15mmの円筒を2種の素材でそれぞれ用意する。実験に参加するテントウムシは適当な4匹で、体重は33.0、47.0、46.3、43.9mgである。テントウムシを機構の中に入れ、動き始めてから止まるまでを1回とし、3分間で動いた回数を計測した。実験の結果を表1に示す。いずれの幅でも平均でABS樹脂の方が動いた回数が多かった。また、ABS樹脂において幅が12mmの時平均して最も動いた。以上より、ABS樹脂の12mm幅の円筒型直転機構を実装した(図3)。

表1 円筒型直転機構が動いた回数の4匹の平均

円筒幅(mm)	11	12	13	14	15
ABS	3 (1.87)	7.25 (4.97)	4.25 (2.49)	3.5 (2.29)	2.5 (1.5)
FullCure720	0 (0)	0.25 (0.43)	1.25 (1.30)	0.75 (0.83)	0.5 (0.87)

※0内は標準偏差

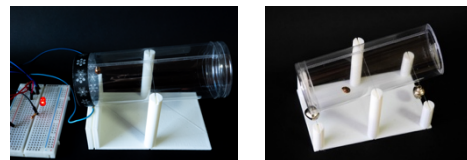


図3 円筒型直転機構

## 3. 各機構の応用例

人と昆虫との相利共生へ向けた展開の第一段階と

して、双方の利となる応用例を考えた。人にとっての利として機械への応用例、具体的には(1)回路への組み込み、およびテントウムシにとっての利として(2)テントウムシの能力を増幅する応用例を示す。箱型天秤機構に関し、(1)の例としてスイッチ(図4(a))、また(2)の例として鹿威し(図4(b))を示す。スイッチにより、テントウムシに決定権を委ねて入力してもらうことができ、鹿威しにより人工物の中でテントウムシが存在を聴覚的に人に明示化させることができる。円筒型直転機構に関し、(1)の例として可変抵抗(図5左)、また(2)の例としてテントウムシ拡張機構(図5右)を示す。可変抵抗により、テントウムシに段階的に入力を行わせることができ、テントウムシ拡張機構によりテントウムシが存在を視覚的に人に明示化させることができる。



(a)スイッチ

(b)鹿威し

図4 箱型天秤機構の応用例

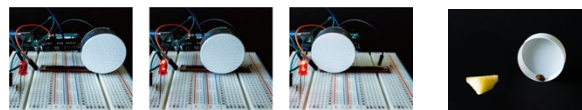


図5 円筒型直転機構の応用例

(左:可変抵抗 右:テントウムシ拡張機構)

## 4. まとめ

本研究ではテントウムシの負の重力走性による重心移動で動くことを利用した機構 TENSORQUE を提案し、機構箱型天秤機構および円筒型直転機構を実現した。また、その機構により人と昆虫の相利共生に向けた展開のための応用例を示した。今後の課題としては、より軽い素材にすることでテントウムシが動きやすい機構にすることができると考えられる。

## 参考文献

- [1] Vo Doan Tat Thang, et al., Cyborg Insect: Insect Machine Hybrid System for Locomotion Control. ICINET'2013, 2014, p. 142-145.
- [2] Yuga Tsukuda. Calmbots. October 2020. <https://digitalnature.slis.tsukuba.ac.jp/2020/10/calmbots/>(参照 2020-12-9).
- [3] N Ando, et al., Odour-tracking capability of a silkworm driving a mobile robot with turning bias and time delay. Bioinspir. Biomim, vol.8, no.1, 016008, 2013.
- [4] Michael Majerus, et al., Ladybirds (Naturalists' Handbook Series). Richmond Publishing Co. Ltd., 1989, 103p.