

昆虫の行動自由度を損なわない薄膜エレクトロニクス実装設計論確立

Developing a design strategy for mounting thin-film electronics

without disturbing the insect's motion freedom

早稲田大¹, 理研², 福井工大³, 南洋理工大⁴, 東大⁵ ◯片山俊平^{1,2}, 寛裕二郎^{1,2},
高桑聖仁^{1,2}, イ シンヨン², 古澤和也³, 佐藤裕崇⁴, 梅津信二郎¹, 福田憲二郎², 染谷隆夫^{2,5}

Waseda Univ.¹, RIKEN.², Fukui Univ. Tech.³, Nanyang Tech. Univ.⁴, The Univ. Tokyo⁵

◯Shumpei Katayama^{1,2}, Yujiro Kakei^{1,2}, Masahito Takakuwa^{1,2}, Shinyoung Lee²,

Kazuya Furusawa³, Hiroataka Sato⁴, Shinjiro Umezu¹, Kenjiro Fukuda², Takao Someya^{2,5}

概要: 生物は機械と比べ、高度な運動能力、環境適応能力、自己治癒力等多くの優れた能力を持っている。このような能力を活用して、生きた昆虫を電気刺激によってコントロールシロボットとして利用する、サイボーグ昆虫が期待されている。特に災害救助においてがれきの隙間などに入り込み、効率よく人命探索を行う等の応用が想定される。一方、サイボーグ昆虫に搭載する災害救助に要求されるデバイス実装には制限があり、大きく重いほど、そして可動部の動きを阻害するほど昆虫の運動性を損なう可能性が高まる。その解決のため、本研究では薄膜エレクトロニクスを利用して、昆虫の運動性を損なわない実装設計方法を確立した。[1]

実験方法及び結果: 本研究では、体長約 6 cm のマダガスカルゴキブリを使用した。腹部の変形方法確認のため腹部断面を観察したところ、変形中には腹部節が部分的に重なっていることが確認された。そこで腹部の動きの自由度を確保するため、フィルムが腹部節交差部には接着しないようにした非接着剤領域と、腹部節に接着するようにした接着領域を交互に配置する「飛び石構造」でフィルムの貼り付けを行った。

この手法の有効性を確認するため、昆虫が障害物を通過するのに必要な時間の定量化を行った。昆虫腹部にフィルムが貼り付けられていない時には中央値 2.4 秒で通過したのに対して、厚いフィルムを飛び石構造無しで貼り付けると中央値 4.2 秒で通過と、障害物の通過時間が長くなった。一方で、厚さ 3 μm の高分子のフィルムを飛び石構造有りで貼りつけた時には中央値 2.2 秒で通過と、通常時とほぼ同じ通過時間であった。

昆虫の起き上がり能力(地面上でひっくり返った状態から復帰できるかどうか)を評価する事での有効性の確認も行った。フィルムを飛び石構造で腹部背面に貼り付けた時には、厚さ 5 μm と 10 μm のフィルムではそれぞれ 96% と 81% であった。一方で、厚さ 15 μm と 20 μm のフィルムではそれぞれ 46% と 16% まで低下した。厚さ 2 μm のフィルム、飛び石構造無しの条件では 10% であった。また、厚さ 4 μm の超薄型有機太陽電池を貼りつけた時には 100% の成功率となった。

以上のことから、昆虫の運動性を損なわないためには、薄膜エレクトロニクスの柔らかさを一定以下にし、腹部の動きを阻害しない搭載方法が必要とされることを明らかにした。

本研究の一部は JST 未来社会創造事業(JPMJMI2111)、科研費新学術(JP18H05469)の支援を受けて行われた。

[1] *npj Flex. Electron.* **6**, 78 (2022).

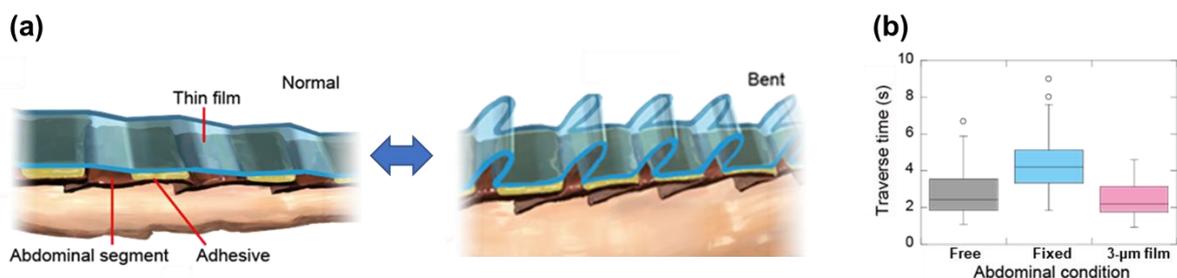


Fig. 1. (a) Schematic cross-sectional illustration of abdominal segments with thin films. (b) Traversing time under various abdominal conditions.