

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | Evolutionary cooperativity between the mating position and male genitalia rotation in Diptera   |
| Author(s)    | 稲富, 桃子  |
| Citation     | 大阪大学, 2019, 博士論文  |
| Version Type |   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/72667">https://hdl.handle.net/11094/72667</a>   |
| rights       |   |
| Note         | やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。 |

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

## 論文内容の要旨

|  |  |
|--|--|
| 氏 名 ( 稲 富 桃 子 )  |  |
| 論文題名   | Evolutionary cooperativity between the mating position and male genitalia rotation in Diptera<br><br>(双翅目昆虫における交尾体位と雄生殖器回転の間の進化的協調性) |
| 論文内容の要旨  |  |
| <p>進化の過程において、動物の形態と行動は協調的に変化してきたはずである。例えば、双翅目昆虫には少なくとも交尾体位が2種類あり、この変化による生殖器の結合向きとの不和は、雄生殖器の回転によって解消されている可能性がある。そこで本研究では、ショウジョウバエとネッタイシマカの二種のモデル双翅目昆虫を用いて、雄生殖器回転と交尾体位の進化的協調性について調べた。</p> <p>ショウジョウバエは雄上位型体位を取る。ハエ<i>Myosin31DF</i> (<i>Myo31DF</i>) 遺伝子の突然変異では、通常 <math>360^\circ</math> の雄生殖器の回転が不完全になり、結果的に生殖器の向きがずれた雄が得られる。このような雄を用いた交配実験より、雄生殖器の向きが <math>90^\circ</math> 以上ずれた雄は交尾できないこと、つまり、雄生殖器の適切な向きが交尾成功の前提条件であることを明らかにした。また、交尾の様子を動画解析することで、生殖器回転異常は、生殖行動（交尾体位・求愛行動を始めるタイミング・求愛強度）に影響しないことが分かった。これらの結果は、雄生殖器回転と交尾体位の間の協調的進化を示唆している。</p> <p>一方、ネッタイシマカの雄生殖器は <math>180^\circ</math> 回転し、その交尾体位は反向型である。また、ショウジョウバエ <i>Myo31DF</i> のオーソログである <i>AAEL012631</i> 遺伝子を持つ。私は、ネッタイシマカ <i>AAEL012631</i> 遺伝子の突然変異体においても、雄生殖器の回転が異常になるものと予測した。生殖器回転の異常が反向型体位に及ぼす影響を調べるため、<i>AAEL012631</i> 突然変異体ネッタイシマカを CRISPR-Cas9 法で作製した。その結果、独立な2系統の <i>AAEL012631</i> 突然変異体突然変異体を樹立した。これらの突然変異体の雄生殖器の表現型を調べたところ、雄生殖器回転完了までにかかる時間が長くなっていた。このことから、<i>AAEL012631</i> 遺伝子は、雄生殖器回転に何らかの経路で関わっていると考えられる。現在、この雄生殖器回転の異常が <i>AAEL012631</i> 遺伝子の変異に起因することを確かめるため、樹立した2系統間でのトランスヘテロを作製し、雄生殖器の回転遅滞の有無を調べることを計画している。また、この生殖器回転の異常が反向型体位を取る昆虫の交尾にどのように影響するか確かめるため、ショウジョウバエでの実験と同様に、様々な回転角度の雄を用いて交尾の成功率を解析する予定である。また、ネッタイシマカ雄の腹部（生殖器）をCT撮影によって観察した結果、雄生殖器の回転では体節の外側だけがねじれるのではなく、体内構造の配置もそのまま回転していることが示唆された。</p> <p>これらの結果から、双翅目昆虫において、<i>Myo31DF</i> 遺伝子が雄生殖器回転において重要な役割を担っている可能性が示唆された。しかし、ショウジョウバエとネッタイシマカの雄生殖器の回転は、それぞれ「細胞集団運動」と「筋収縮」によって起こることがわかっており、雄生殖器の回転における <i>Myo31DF</i> の役割は進化上で変化したと考えられる。また、「雄生殖器回転と交尾体位は同時に進化しなければ、生殖能力を失ってしまう」ことが、本研究で示唆された。しかし、現実にはこれらが完全に「同じタイミング」で起こることは難しいと思われる。私は、雄生殖器の回転角度には多少の許容範囲が存在したことが協調的進化に繋がった可能性があると考えている。また、「偽雄上位型」や「身体のおねじり」等、中間形の体位を介して、協調的進化が起こった可能性も考えられた。</p> |  |

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

|   |     |           |
|---|-----|-----------|
| 氏 名 ( 稲 富 桃 子 )   |     |           |
| 論文審査担当者   | (職) | 氏 名       |
|   | 主 査 | 教授 松野 健治  |
|   | 副 査 | 招聘教授 蘇 智慧 |
|   | 副 査 | 准教授 古屋 秀隆 |
| 論文審査の結果の要旨  |     |           |
| <p>動物の生殖器の形態と繁殖行動とは密接に関係しているが、生物の形態と行動とは独立に形成されることから、進化のあるタイミングで両者の間に協調が生じたと考えられる。例えば、双翅目昆虫の交尾体位には少なくとも 2 種類がみられ、この変化による生殖器の結合の向き不和は、雄生殖器の回転によって解消されているように見える。</p> <p>本論文は、この雄生殖器回転と交尾体位の関係をショウジョウバエとネッタイシマカの 2 種のモデル双翅目昆虫を材料に、分子遺伝学的手法と発生生物学的手法を用いた解析から、生殖器の形態と繁殖行動との間の協調的進化を論じたものである。</p> <p>ショウジョウバエは雄上位型体位を取る。生殖器の向きがずれた雄を生じるハエ <i>Myosin31DF</i> (<i>Myo31DF</i>) 遺伝子の突然変異を用いた実験からは、雄生殖器の向きが 90° 以上ずれた雄は交尾できないことが明らかになった。つまり、雄生殖器の適切な向きが交尾成功の前提条件であることを明らかにした。また、交尾の様子を動画解析することで、生殖器回転異常は、生殖行動（交尾体位・求愛行動を始めるタイミング・求愛強度）に影響しないことが分かった。これらの結果は、雄生殖器回転と交尾体位との間の協調的進化を示唆している。</p> <p>一方、ネッタイシマカの雄生殖器は 180° 回転し、その交尾体位は反向型である。<i>Myo31DF</i> のオーソログであるネッタイシマカ <i>AAEL012631</i> 遺伝子の突然変異体を CRISPR-Cas9 法で作製し、2 系統の <i>AAEL012631</i> 突然変異体突然変異体を樹立した。これらの突然変異体の雄生殖器の表現型では、雄生殖器回転完了までにかかる時間が長くなり、<i>AAEL012631</i> 遺伝子は、雄生殖器の回転に何らかの経路で関わっていることを明らかにした。さらに、ネッタイシマカ雄の腹部（生殖器）の CT 撮影による観察からは、雄生殖器の回転では体節の外側だけがねじれるのではなく、体内の構造全体の配置が回転していることが示唆された。</p> <p>上記の結果は、双翅目昆虫における <i>Myo31DF</i> 遺伝子が雄生殖器回転において重要な役割を担っていることを示している。しかし、ショウジョウバエとネッタイシマカの雄生殖器の回転は、それぞれ「細胞集団運動」と「筋収縮」によって起こることが知られており、本論文では、雄生殖器の回転における <i>Myo31DF</i> の役割は、これらハエとカの進化過程で変化した可能性について議論している。ここで重要な点は、“雄生殖器回転と交尾体位の確立は、それぞれが同時に成立しなければ生殖能力が失われてしまう” ことである。しかし、これらの現象が同じタイミングで起こる確率は低いと考えられる。本論文では、これを説明するための仮説として、(1) 雄生殖器の回転角度に許容範囲が存在し、それが協調的進化に繋がった可能性、あるいは (2) 「偽雄上位型」や「身体のねじり」等の中間形体位を経て協調的進化が起きた可能性について考察している。</p> <p>本論文の内容は、双翅目昆虫における交尾体位と雄生殖器回転の間の進化的協調性に関する研究として高く評価されるものである。さらに得られた結果は、生物の形態と行動との協調と進化という大きな問題の解明につながる基礎データとしても重要である。</p> <p>よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。</p> |     |           |