

|         |   |         |        |
|---------|---|---------|--------|
| 氏名（本籍）  | 真下 雄太 （ 群馬県 ）   |         |        |
| 学位の種類   | 博 士 （ 理学 ）  |         |        |
| 学位記番号   | 博 甲 第 6909 号  |         |        |
| 学位授与年月日 | 平成26年 3月25日   |         |        |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当  |         |        |
| 審査研究科   | 生命環境科学研究科   |         |        |
| 学位論文題目  | Developmental Studies of a Ground Louse, <i>Zorotypus caudelli</i> Karny, 1927 (Insecta: Zoraptera, Zorotypidae)<br>(コーデルジュズヒゲムシ <i>Zorotypus caudelli</i> Karny, 1927 の発生学的研究 (昆虫綱・ジュズヒゲムシ目・ジュズヒゲムシ科)) |         |        |
| 主査      | 筑波大学教授  | 理学博士    | 町田 龍一郎 |
| 副査      | 筑波大学教授  | 理学博士    | 沼田 治   |
| 副査      | 筑波大学教授  | 博士 (理学) | 和田 洋   |
| 副査      | 筑波大学教授  | 理学博士    | 林 純一   |

## 論 文 の 要 旨

ジュズヒゲムシ目は熱帯・亜熱帯域を中心に分布する新翅類昆虫の一目である。本目の系統学的位置づけに関しては、これまでに比較形態学、分子系統解析などから多新翅類・準新翅類にまたがった 10 数もの系統仮説が提出されており、その系統学的理解はまったくコンセンサスが得られていない。そのため、本目の系統学的位置づけは昆虫系統学における最も議論が定まらない問題の一つとされ、「Zoraptera Problem ジュズヒゲムシ問題」と呼ばれている。このことはジュズヒゲムシ目の位置づけのみに関わるのではなく、ジュズヒゲムシ目、さらには新翅類のグラウンドプランの理解が不十分であることを意味している。このような問題に対し、比較発生学的アプローチは非常に有効であるが、本目の発生学的研究は、その採集・飼育の困難さからまったく行われてこなかった。本論文は、ジュズヒゲムシ目、さらには新翅類のグラウンドプランの再構築および系統進化の解明をめざし、コーデルジュズヒゲムシ *Zorotypus caudelli* Karny, 1927 を材料として、1) 卵構造、胚発生、後胚発生を詳細に記載、2) 他の昆虫類と比較形態学的・比較発生学的検討を行うことにより、3) 新翅類のグラウンドプランの再構築を行い、ジュズヒゲムシ目に関する系統学的議論を展開するものである。

本論文は、コーデルジュズヒゲムシの卵構造、胚発生、後胚発生過程の詳細な検討により、ジュズヒゲムシ目の後胚発生過程を含めた発生過程を初めて明らかにし、ジュズヒゲムシ目の発生学的グラウンドプランを構築した。これと並行して先行研究を広範に比較したところ、多新翅類は、1) 一対の高細胞密度領域の融合によって短小な胚が卵腹面の後極付近に形成され、2) 胚は卵表面に沿って伸長した後に、平行移動によって卵黄内に沈み込むという発生学的な特徴をもつことを明らかにし、これらの特徴は本類の固有派生形質と理解すべきものであると結論づけた。多新翅類に関しては、信頼に足る固有派生形質はいまだ提出されず、その単系統性はしばしば議

論されてきた。本研究からの多新翅類の固有派生形質の提出は、昆虫系統学において特筆すべきものである。そして、本研究は、ジュズヒゲムシ目が、1) 一对の高細胞密度領域の融合による胚形成、2) 胚伸長後の平行移動による卵黄内への胚定位という、多新翅類の固有派生形質とすべき発生学的特徴を示すことを明らかにした。これにより、ジュズヒゲムシ目が多新翅類の一群であること、しばしば類縁づけられてきた準新翅類とはまったく系統を異にするものであることが強く示唆された。

胚形成および胚定位様式からジュズヒゲムシ目の多新翅類であることが強く示唆されたため、次に多新翅類のいずれの目と近縁であるかについて議論を展開すべく、諸発生形質について比較検討を行った。ジュズヒゲムシ目の卵には、卵腹面赤道付近に一对の卵門が位置し、多新翅類の中で唯一、ナナフシ目がジュズヒゲムシ目に類似した卵門の配置を示すことが明らかになった。一方、卵歯に関しては、ナナフシ目は卵歯を備えておらず、多新翅類の中で唯一、シロアリモドキ目がジュズヒゲムシ目同様の長大な卵歯をもつことが明らかになった。このようにジュズヒゲムシ目との特異的な類似がみられることが明らかとなったナナフシ目とシロアリモドキ目の2目は、比較形態学および分子系統解析からその類縁が強く支持されている。両目をまとめたクレード *Eukinolabia* (= ナナフシ目+シロアリモドキ目) は卵構造からも支持されており、その卵には卵蓋、卵腹面の単一または一对の卵門など複数の特異的な派生形質がみられる。

以上を包括的に理解すべく、上記の構造の機能に着目して進化的変遷の構築を試みたところ、次のような解釈が導かれた：1) まず、ジュズヒゲムシ目、シロアリモドキ目、ナナフシ目の共通祖先として、長大な卵歯と一对の卵門を獲得したものが想定される：2) その後、*Eukinolabia* に至る系列で卵蓋など卵構造の特殊化が起こる：3) さらに、*Eukinolabia* 系列のグラウンドプランを留めたシロアリモドキ目が現在に至ると同時に：4) ナナフシ目の系列において卵蓋の分離システムの発達が起こり、卵殻を切り裂くための卵歯が失われた。本論文は、結論として、1) 多新翅類の単系統性、2) ジュズヒゲムシ目の多新翅類への所属を強く示唆するとともに、3) ジュズヒゲムシ目+ (シロアリモドキ目+ナナフシ目) との系統仮説を提出する。

## 審 査 の 要 旨

論文内容についての最もクリティカルな質疑として、「本学位論文での系統学的結論の信頼性」に関する批判があった。これに対し、著者は、発生学的グラウンドプランの進化的変遷による整合性の検証ならびに他の比較形態学的議論との相互検討により、十分に本結論の妥当性は支持されるとの論駁を行った。よって、このような系統学的議論ならびにこれを展開するに至った本研究は昆虫比較発生・形態学のみならず今後の昆虫系統学の発展に多に資する労作であると判断された。また、これをなした著者の研究者としての資質は大いに評価できる。

平成 26 年 2 月 3 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。