

氏 名	まつ ばら み お こ 松 原 未 央 子
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 3048 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 生 物 科 学 専 攻
学位論文題目	棘皮動物の幼生における形態の多様性と進化

論文調査委員 (主 査)
 教 授 白 山 義 久 教 授 佐 藤 矩 行 教 授 片 山 一 道
 和 田 洋 (筑波大学生命環境科学研究科助教授)

論 文 内 容 の 要 旨

個体に生じたランダムな遺伝的変異が、遺伝的浮動、遺伝子流動または自然選択によって集団に固定することで、生物は多様な形態を獲得する。従って、多様な形態の進化的意義を理解するためには、形態の進化史および多様な形態を生み出す遺伝的機構を理解することが重要である。本研究では、棘皮動物門ヒトデ綱の幼生形態の進化史および棘皮動物の幼生が骨片を獲得した遺伝的機構を解明することによって、多様な形態の進化的意義を理解することを目的とした。

棘皮動物門ヒトデ綱にはビビンナリア幼生とブラキオラリア幼生とが報告されている。そしてモミジガイ目のみ後者を経過しないことから、幼生の進化史を理解する上で、この目の系統学的な位置を解明することが鍵といえる。そこで、核の18S rDNA、ミトコンドリアの12S および16S rDNA そしてミトコンドリア DNA の完全長のデータをもとにした分子系統解析を行った。その結果 rDNA の解析からは、モミジガイ目の系統学的な位置は明らかにならなかった。一方、ミトコンドリアゲノムの13個の遺伝子のアミノ酸配列、各遺伝子の第1コドン、第2コドンと16S rDNA の塩基配列を用いた解析から、モミジガイ目はヒトデ綱においてははじめに分岐したグループではないことが明らかになった。この結果は、ヒトデ綱の祖先的な種がビビンナリア幼生とブラキオラリア幼生の両方を持ち、モミジガイ目がブラキオラリア幼生期を失ったことを示唆するものであった(第一章)。

次に、棘皮動物の幼生形態の多様性、特に幼生骨片の有無と発達の度合いに注目し、多様な幼生骨片を獲得した遺伝的機構の解明を試みた。棘皮動物のうち、ヒトデ綱の幼生は骨片を形成しないが、他の4綱の幼生は骨片を形成する。ウニ綱の幼生骨片は中胚葉の一次間充織細胞で形成され、Ets および Alx 遺伝子とその形成に関わると報告されている。そこで、これらの遺伝子の発現をクモヒトデ綱スナクモヒトデとヒトデ綱イトマキヒトデで調べた。その結果、骨片の有無にかかわらず、どちらの遺伝子も両種の中胚葉で発現していた。つまりヒトデ綱の幼生が骨片を形成しないのは、それに関わる転写因子の発現が中胚葉で抑制されているからではなかった。さらに機能解析実験から、イトマキヒトデの Ets 遺伝子は、ウニ綱の Ets 遺伝子同様、間充織細胞および原腸の形成に関与し、また体腔の形成にも関与することが明らかになった。以上の結果から、棘皮動物の祖先的な種においても Ets および Alx 遺伝子は、中胚葉の分化に関与していたことが推測される。また、ウニ綱では幼生期に Ets および Alx 遺伝子が骨片マトリックスタンパク質の発現を活性化することによって幼生骨片を形成し、そして変態後に新しく形成される成体期の骨片の形成においても幼生期の骨片マトリックスタンパク質が関与することが報告されている。従って、幼生骨片は、幼生期の中胚葉の分化に関わる遺伝子ネットワーク (Ets や Alx 遺伝子) の下流に、成体の骨片形成に関わる骨片マトリックスタンパク質が異時的に発現したことで獲得したか、あるいは、幼生期と成体期とで共通の骨片形成メカニズムが働いて形成されるものと推測された(第二章)。

論文審査の結果の要旨

本論文は、棘皮動物の幼生形態の多様性の進化について、分子系統学と分子発生学の立場からアプローチし、ヒトデ綱の幼生形態の進化史と、棘皮動物の幼生が骨片を獲得した遺伝的機構を解明することを目指したものである。

申請者はまず、ヒトデ綱においてブラキオラリア幼生期を持たない特殊な初期発生を行う種を含む唯一の分類群であるモミジガイ目に着目し、その系統学的な位置を、核の18S rDNA、ミトコンドリアの12Sおよび16S rDNAをもとにした分子系統から解析したが、モミジガイ目の系統学的な位置は明らかにならなかった。しかし一方で、イトマキヒトデ科とニチリンヒトデ科の近縁性という、従来の比較形態学からは予想もできなかった系統関係を見出した。そしてこの研究結果は比較形態学者が、その後2科の間に形態的な類似性があることを見出すことへと発展した。さらに申請者はミトコンドリアゲノムの完全長配列をもとにした系統関係の推定も行い、モミジガイ目はヒトデ綱においてははじめに分岐したグループではないことを明らかにした。すなわち、ヒトデ綱の祖先的な種はビピンナリア幼生とブラキオラリア幼生の両方をもち、モミジガイ目がブラキオラリア幼生期を失ったことを示唆した。この結果は、ヒトデ綱において原始的なグループはどれかという問題における中心的な論点であったモミジガイ目の系統学的な位置に関し、信頼性の高い結論を導いたものとして高く評価できる。

また申請者は、幼生骨格の形態多様化の引き金となった遺伝的な要因を明らかにすべくヒトデ綱・クモヒトデ綱に関して骨格形成機構の解明に取り組んだ。具体的には、ウニ綱において幼生骨片の形成に中心的な役割を果たしている *Ets* および *Alx* 遺伝子の発現をクモヒトデ綱スナクモヒトデとヒトデ綱イトマキヒトデで解析した。その結果、これらの遺伝子がウニ綱同様、間充織細胞、原腸および体腔の形成に関与しており、幼生骨片の形成機構は、新たにクモヒトデ・ウニ・ナマコのクレードで獲得したものと推測した。この研究成果は、棘皮動物の幼生骨格の進化という古典的とも言える動物学の課題に対し、形態進化の背景にある遺伝子レベルでの進化の一端を明らかにしたものとして、評価できる。特にこの研究の過程で、従来成功例に乏しいクモヒトデの発生学的研究の手法を確立したことは高く評価された。

よって本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。