

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 3 月 31 日現在

機関番号：47118

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23870030

研究課題名（和文） 行動形質は進化の原動力となるか

研究課題名（英文） Would behavioral traits be a driving force of evolution?

研究代表者

向坂 幸雄（SAKISAKA YUKIO）

中村学園大学短期大学部・幼児保育学科・講師

研究者番号：90419250

研究成果の概要（和文）：

生物進化は、突然変異による遺伝的基盤に基づいた形質の変化が、自然選択を受けることで集団中の構成比を変え、集団全体の平均的形質を変化させることによっておこる。通常、これらの変異の供給源は DNA や染色体レベルの純粋な遺伝的過程にあると考えられてきた。本研究では遺伝的基盤によって規定される動物の行動形質が、染色体レベルの伝達度を変化させることで進化が起きうる可能性を指摘し、その可能性を探る基盤技術の確立に努めた。

研究成果の概要（英文）：

Organic evolutions are caused by natural selections act on phenotypes based on genetic bases. In general, it has been considered that the sources of these mutations are purely genetic process in chromosomes and DNAs. I pointed out that the evolution might occur by the behavioral trait of the animal regulated by the genetic basis which might change the transmission of the chromosome. I also established basic facilities and technology to explore the possibilities.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2011 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生態・環境

キーワード：Hyla japonica

1. 研究開始当初の背景

生物進化は、遺伝情報に生じる突然変異など偶然の結果の産物とされている。DNA の突然変異による塩基配列の変化が、翻訳されるタンパク質を変化させることで適応度に寄与する様々な形質を変化させる、セントラルドグマこそが生物進化の原動力であると

の考え方である。染色体レベルの組換えや欠損などについても、DNA がブロックとして突然変異を起こしたものであり、広い意味ではこの枠組みで捉えることが可能である。もちろん、このこと自体は正しいのだが、このような DNA 分子に偶然起きる突然変異という物理化学的なイベントのみが生物進化を進

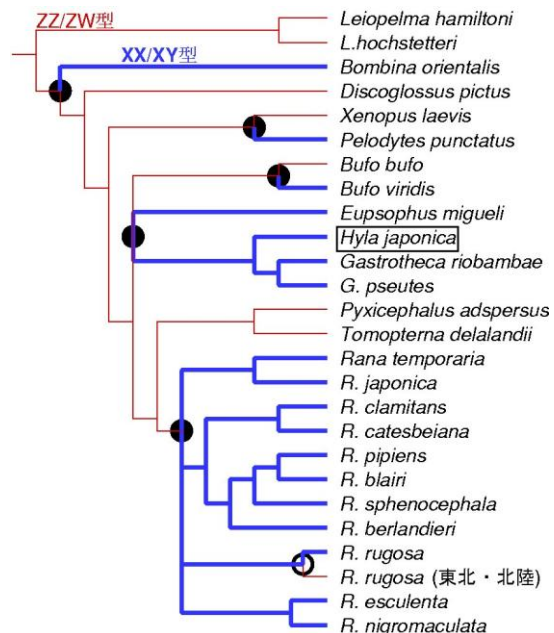
めてきたと言い切つてよいのだろうか。染色体レベルの変異に注目すると、染色体という遺伝子を載せたパッケージが集団中でどのような挙動をするのか自体も、次の世代への伝達に影響することが考えられる。前述のような物理化学的な原因によりこのパッケージは次の世代への伝達の仕方が影響されるが、これらパッケージそのものを集団内で配偶相手へ出会わせるために動かす個体そのものも、入れ子となったより大きなパッケージであるともいえる。この個体というパッケージがどのような行動をとり、集団中の遺伝子流動に寄与するかは、まさにこの個体が運ぶ遺伝子そのものによって制御されているともいえる。特に、性によって遺伝子パッケージの大きな単位である染色体の構造が大きく異なる、つまり性染色体をもつ生物は、私たちヒトを含め広く知られている。同じ集団中の生物でも、その行動様式は性によって大きく異なる場合があることは行動形質に見られる性差を考えると、いくつもその事例を挙げることができる。

特に繁殖にかかわる行動形質の中には、集団中において時間的・空間的に雌雄で大きく異なるものがある。たとえば、雌雄で繁殖開始までの齢に差が出る場合や、繁殖機会そのものが異なる場合は時間的な違いとなるだろう。雌雄間で配偶相手を変える頻度が異なるような生物や、雌雄で配偶成功の個体差が極端に異なるような生物も、生涯に多様な配偶相手と配偶子を結びつけるかどうかとの視線で見ると、雌雄の行動により大きな差異が生じる。雌雄で出生後の分散移動の距離が異なるような動物では、空間的に大きな差を持つことになる。これらの差異は程度の差こそあれ遺伝的基盤に基づくものがほとんどであり、長年の個々の生物進化の中で培われた行動形質である。しかし、個体が遺伝子を載せたパッケージであると考えた場合、その集団内での時間的・空間的伝達パターンに差が生じているということでもあり、雌雄間で次の世代へと遺伝子を伝達する経路に空間的・構造的に大きな差を生じさせているともいえる。

これらの染色体レベルでの遺伝子伝達の雌雄差は、結果的に、性特異的に保持される遺伝子の集団中での流動に時間的・空間的な違いを生じさせ得ることが予想される。たとえば、オスが分散し、メスは分散しにくい生物の場合、メスに特異的な遺伝子は広範囲の集団と遺伝的交流を持ちにくいのに対し、オスの方は相対的に交流の程度が高くなる、といったことが考えられる。こういったことが特定の染色体に集中して起きると、組換の頻度が異なる染色体が生じ、構造的に性染色体を生み出すことが考えられる。一旦確立した性染色体は、性を決める遺伝子とその染色体

上で分離し、2 分裂という確率的過程を用いて、安定した 1:1 性比を実現するシステムを維持・獲得する。このスキームが成立するのであれば、性染色体の確立という生物進化の大きなイベントが、いわゆる偶然による突然変異が生み出すという概念により生まれたのではなく、生物進化により培われた雌雄で異なる行動形質が生み出したということになり、これまで考えられていなかった極めて大きな概念の転換になりうる。

しかし、進化の産物の一つである行動形質が、行動の直接的な結果による自然選択ではなく、遺伝子流動自体を変化させ、進化そのものに影響を与えるととの視点の研究は、あまりみかけない。研究代表者はこれまで両生類を材料に性の進化の研究を進めてきた。有性生殖が確立することと、遺伝的に性が決定されることは大きく異なる。多くの生物で 1:1 性比が最適とされる性を決定する上で、遺伝的な決定機構を獲得した生物に目がいきやすいが、それ以外の方法により性比を維持している生物も少なくはない。有性生殖は脊椎動物で広く見られるが、爬虫類や魚類では、性表現が必ずしも遺伝的に決定されるわけではない。爬虫類でよく見られる温度性決定のように遺伝システム以外の力により、性比のバランスを保っているケースも見られる。両生類では、性染色体が見られるものの、その分化の程度は小さく、異型配偶子を持つ性が独立に何度も進化しており、カエル目ではメスヘテロな祖先型から XX/XY 型がくり返し進化し、うち 1 回ではオスヘテロからメ



図：カエル目での性決定様式の系統関係。Hillis and Green (1990) を改変。ZW から XY へ 5 回進化しており(●)、Rana 属では逆転も起きている(○)。□囲みはニホンアマガエル。

スヘテロへのヘテロな性の逆転が起きている(Hillis and Green 1990:図)。このように、遺伝システムによる性決定が確立途上にあるのが両生類の特徴であり、本研究課題のように遺伝的性決定機構の確立過程を検証する研究の材料としては最適である。哺乳類ではXY型、鳥類ではZW型と、鳥類や哺乳類ではヘテロな性が固定しており、研究材料に適さない。両生類は性染色体の確立途上にあり、その行動形質と染色体動態との関連性は興味深い。

遺伝的性決定システムを担う性染色体は、多くの分類群で見られるが、平行進化を繰り返しており、その進化過程の詳細には不明な点も多い。中でもヨーロッパアマガエル(*Hyla arborea*)では、伴性DNAマーカーの開発により、分化が未熟な状態で性染色体が存在することがスイスの研究グループによって明らかにされ(Berset-Brändli et al. 2006)、オスにおいて有効な繁殖集団サイズが小さいという行動学的知見と組み合わせた染色体進化の研究が行われつつある。この性染色体は雌雄間で異なる組換えの頻度を推定することによって、辛うじてその存在を示せる程度の未分化なものである。

このように両生類は性染色体の進化過程を検証する材料としては適しており、日本にも多くの両生類種が存在することから、行動と遺伝子伝達の両面からこの領域に迫ることが可能である。

2. 研究の目的

本研究では、ヨーロッパアマガエルの近縁種であるニホンアマガエル(*Hyla japonica*)の、性染色体領域を含めたマイクロサテライトマーカーの開発を目指す。これにより性染色体の変異の程度を雌雄間で調べることができ、雌雄で異なる行動様式、集団サイズと、性染色体進化の過程を解明できる糸口がつかめる。これらの分子マーカーの確立は、分子生態学的手法による、集団性比の解析に有効であるだけでなく、雌雄で異なることが予想される多様性の程度を明らかにするための極めて有効なツールとなり、繁殖や分散などの行動学的データと合わせることで、新たな染色体進化の仮説を実証できる可能性がある。

本研究の目的は、性染色体の確立過程にあるニホンアマガエルを材料に、性染色体上に座位するユニバーサルなマイクロサテライトマーカーの開発を行うことにより、細胞遺伝学と行動生態学の両面から、性染色体の起源にせまることである。

3. 研究の方法

ニホンアマガエルは国内に生息し、減少が心配される両生類の中では、人間の生活環境

にも比較的親和性の高い種である。また、繁殖期には非常に大きな鳴き声を出して配偶行動を行うことから、生息場所を特定することが比較的容易な種である。本種の近縁種であるヨーロッパアマガエルでは性間の分化の程度が小さな染色体に注目する研究がおこなわれているが、近縁のニホンアマガエルでもこの特徴を備えていることから、性染色体の進化過程を探る上では、適切な材料であるといえる。本研究種目の性質上、交付内定が繁殖期の終了後となり、実際に繁殖期のデータを集めることができるのは最終年度である2年目の繁殖期のみとなり、サンプルの解析が行える期間は大きく確保することが難しい状況であった。そのため初年度は、この研究スキームに関連する資料や、その後の解析に繋がる資料の収集に努めた。また、本種は晩秋まで見られることから、調査集団の確保についても初年度から取り組み、スムーズな調査着手を目指した。2年目には調査に利用可能な繁殖集団を特定し、サンプルの収集を行った。実験系では、サーマルサイクラー、遠心分離機、超低温フリーザーといった、分子解析を行うための基礎的な大型備品を購入し、これらの機器を使って、DNAを抽出、保管し、サンプル解析を目指した。これにより、研究課題の推進に必要なマイクロサテライトマーカーの開発に取り組んだ。

4. 研究成果

初年度は、本研究種目の特性上、交付内定が調査対象種の繁殖期の終了後となったため、直接的な繁殖状態の調査には着手できなかった。そこで、非繁殖期のオスの繁殖行動を手掛かりに繁殖期の本格調査に有用な潜在的な生息場所の探索を行った。これまでの予備的調査により、調査対象種であるニホンアマガエルは、主となる繁殖期が過ぎた晩秋でもオスが鳴くことが判明している。茨城県内の調査地では、繁殖期が完全に終了した11月にオスが数多く鳴くことが確認されている。しかし、福岡県のニホンアマガエルの生息が確認された調査地で、2011年の秋季に調査を行ったところ、高密度の生息が期待される場所においても、繁殖期を過ぎた秋季にオスが鳴く行動は観察されなかった。これは、晩秋にオスが鳴く行動に集団間で変異が見られることを示唆する。このこと自体も、性により異なる繁殖行動の特性が、環境の異なる集団によって変異することで本種の進化過程に影響を与えた可能性を示すことから、今後も詳細な調査を進めていく予定である。

2年目にはサンプルの収集を行い、マイクロサテライトマーカーの開発に努めた。本補助金により、フリーザー類、遠心分離機、サーマルサイクラーなどの分子生物学的手法による実験に必要な機器備品類を整備し、よ

り現実的な実験環境の確立を進めることができた。着任時には研究代表者の所属先では、これらの備品類を利用できる環境になかったため、本研究種目としてのおおむねの目的は達成されたといえる。

本研究課題の最終的な目的である有用なマイクロサテライトマーカーの開発は、まだ十分な座位数をそろえることができていないため論文の形での公表ができていない。本事業の終了後についても、本補助金により整備された研究基盤を活用し、引き続き開発を進めていく予定である。

マイクロサテライトマーカーの開発等、分子生物学的手法を生態学に応用する分野は、近年目覚ましく技術革新が進んでおり、多くの生物種での具体的な実証事例が数多く報告されている。今後もより確実性の高い開発方法についての検討を実施し、生物進化の解明につなげる手法を開発していく。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① 向坂幸雄、Gantt chart の活用による保育実習日程管理、中村学園大学・中村学園大学短期大学部研究紀要、査読無、45巻、2013、209-219
- ② 向坂幸雄、保育所実習における予防接種による感染症対策、全国保育士養成協議会第51回研究大会研究発表論文集、査読無、51巻、2012年、432-433
- ③ Nakagiri Nariyuki, Sakisaka Yukio, Tainaka Kei-ichi, The minimum viable population and extinction by effects of special pattern: analysis using lattice models, RIMS Kokyuroku、査読有、1796巻、2012、167-171
- ④ Nakagiri Nariyuki, Sakisaka Yukio, Tainaka Kei-ichi, Analysis of the Habitat Destruction with Stochastic Processes on the Square Lattice: The Effects of Special Pattern, RIMS Kokyuroku、査読有、1751巻、2011、159-164

[学会発表] (計1件)

- ① Nakagiri Nariyuki, Sakisaka Yukio, Tainaka Kei-ichi, Effects of random habitat destruction in model ecosystems: parity law depending on number of species, The 5th East Asian Federation of Ecological Societies International Congress, 2012, Mar. 18, Ryukoku Univ. Otsu, Japan

6. 研究組織

(1) 研究代表者

向坂 幸雄 (SAKISAKA YUKIO)
中村学園大学短期大学部・幼児保育学科・講師
研究者番号：90419250

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：