

Acceleration of Molecular Evolutionary Rates in mitochondrial DNA and nuclear DNA of Haplochromine Cichlid Fishes

白井, 一正

<https://hdl.handle.net/2324/1500532>

出版情報：九州大学, 2014, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

氏 名 : 白井一正

論 文 名 : Acceleration of Molecular Evolutionary Rates in mitochondrial DNA and nuclear DNA of Haplochromine Cichlid Fishes

(ハプロクロミス属シクリッド科魚類のミトコンドリア DNA と核 DNA における分子進化率の加速)

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

弱有害性突然変異のほぼ中立な進化は、分子進化において、非常に重要な役割を担っていると考えられている。集団サイズが大きい時、弱有害性突然変異は自然選択によって、集団から取り除かれる。しかし、集団サイズが小さい時には、遺伝的浮動は弱有害性突然変異を固定することができる。これにより、遺伝子の非同義置換率が増加すると予測される。東アフリカ 3 大湖 (タンガニカ湖、マラウィ湖、ヴィクトリア湖) ではそれぞれの湖で、その湖固有のシクリッド科魚類が爆発的な種分化を遂げている。ヴィクトリア湖は水深が浅く、過去の干ばつの深刻な影響を受け、ほぼ干上がった事が明らかになっている。この影響により、ヴィクトリア湖産シクリッドの集団サイズが減少したことが示唆されている。一方、タンガニカ湖は非常に深い湖であり、一定の水準の水位を保ってきた事がわかっている。このことから、タンガニカ湖産シクリッドは集団サイズを比較的大きく保ってきたと推測できる。マラウィ湖は、ヴィクトリア湖同様、過去の干ばつの影響を大きく受けてきた。しかし、マラウィ湖は非常に深い湖であり、シクリッドへの干ばつの影響はヴィクトリア湖と比較すると小さい。この集団サイズの安定性の違いが分子進化速度 ω (非同義置換率/同義置換率) に違いを生んできたことが予測される。Part 1 では、3 大湖のシクリッド、周辺河川種及び外群 1 種のミトコンドリア DNA の全 13 遺伝子から、 ω を最尤法により推定し、それらを比較した。その結果、ヴィクトリア湖系統のシクリッドの ω が他系統と比較して、有意に高いことが示された。また、ヴィクトリア湖系統のシクリッドからは正の選択の影響も示唆された。これらの結果から、ヴィクトリア湖系統のシクリッドのミトコンドリア DNA の高い ω は、弱有害性突然変異の固定と正の選択の二つの影響によるものであると考察された。Part 2 では核 DNA の ω の系統間変動を調べ、ミトコンドリア DNA との比較を行った。公開されているデータを基に、5 種のシクリッドの 10,572 の核遺伝子座のコード領域のデータセットを作成した。また、これと比較可能なデータセットを Part 1 のデータを基に作成した。これらのデータを使用し、核・ミトコンドリア DNA の ω の推定を行い、その比較を行った。その結果、核 DNA とミトコンドリア DNA の両方で、ヴィクトリア湖系統、マラウィ湖系統、それに近縁な河川の系統のシクリッド (3 種ともハプロクロミス属) において ω の上昇が示唆された。この結果は、過去の干ばつの影響による集団サイズの減少と、その影響による弱有害性突然変異の分子進化の違いで説明できる。また、ハプロクロミス属のこの 3 種では、遺伝子重複が増加していることが示唆されており、これも ω の増加に寄与している可能性がある。一方、 ω の上昇の仕方には、核とミトコンドリアで大きな違いが見られた。これには、ミトコンドリア DNA と核 DNA の性質の違いや、Part 1 で示唆された正の選択の影響が寄与していると考えられる。また、これらに加え、同義置換サイトの分子進化についても検証を行った。その結果、東アフリカ産シク

リッドでは同義置換率と GC 含量に正の相関、同義置換率と有効使用コドン数に負の相関があることが明らかになった。同義置換率と GC 含量の正の相関は、GC から AT への突然変異率が一定であり、ゲノム領域によって AT から GC への突然変異率が変動するモデルによって説明できる。また、同義置換率と有効使用コドン数の負の相関は、同義置換サイトのコドン使用に対し選択が働き、その選択が非常に弱い場合に示される。しかし、同義置換サイトのコドン使用に対し選択の影響を証明するには、今後、発現量などとの関連について検証する必要がある。このように、本研究の結果は、弱有害突然変異やコドン使用への弱い淘汰が、東アフリカ産シクリッドの分子進化に大きな影響を及ぼしている可能性を示唆した。東アフリカ産シクリッド間の分子進化速度の違いは、この弱い淘汰に加え、正の選択や遺伝子重複などの要因が関わることによって生み出されたと推測される。