

【学術変革領域研究（B）】

進化可能性の変動史を観測する科学の創成：生物情報学・進化発生学・古生物学の統合

	研究代表者	東京大学・大学院理学系研究科・准教授 平沢 達矢（ひらさわ たつや） 研究者番号：60585793
	研究課題 情報	課題番号：25B302 研究期間：2025年度～2027年度 キーワード：生物進化、ゲノム、発生、化石記録、形態学

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

生物進化の研究では、現生種を用いた比較（ゲノム、発生、表現型）や実験によって理解が進められつつあるが、そこでは、祖先種も現生種と同様の特性に基づき進化を繰り返していたとする斉一性が意識的にあるいは無意識的に仮定されている。はたして、その前提は正しいのだろうか。

さまざまな生物の進化史を眺めたと、初期進化では進化可能性（進化しやすさ）が大きかったのにやがて減少したのではない、つまり「**進化は減速したのではない**か」と見えることがある。だが、このナイーブな問いを科学の俎上に載せて検証するための枠組は未だなく、現代進化学の限界となっている。

この現状を打開するため、学術分野の発展を俯瞰的に見て、宇宙論研究の発展に範をとってみると、生物進化研究においても、理論と実験、観測の3つが有機的に相互作用する統合領域を創成することが必要であり、このうち、ほとんど未開拓の、過去にどのようなことが起こったのかを「観測」という視点を組み込んだ研究の推進が突破口の鍵であると私たちは考える。

そこで、本研究領域「**進化可能性変動史**」では、種分化レベルからボディプランの起源までさまざまなスケールの進化に関して斉一性の前提を意識的に疑い、祖先-子孫間における進化可能性の変動（たとえばゲノム構造の複雑化や発生機構の冗長性の蓄積）について検証を進める（図1）。ここでは、新しい進化理論の構築に先行してケーススタディを蓄積することを重要視し、生物情報学（ゲノム科学、遺伝学）、進化発生学、古生物学からなる多角的視点から、**観測で認識される進化傾向（進化の減速）は何らかのメカニズムによって実在するのか**の解明を目指す。

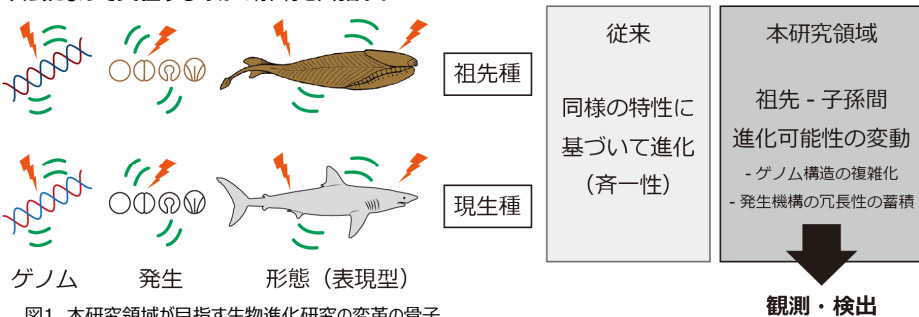


図1 本研究領域が目指す生物進化研究の変革の骨子



図2 本研究領域のロゴ

●生物情報学、進化発生学、古生物学の統合

本研究領域には、生物情報学、進化発生学、古生物学をカバーする異なる専門分野から、祖先種では現生種（子孫）と比べて表現型進化の制約が小さかった可能性はないか（大昔は簡単に大規模な表現型進化が起きたのに対して子孫では制約が増えたのではないか）という疑問を共有するメンバーが集結した。専門分野の壁を越えて高度な議論ができる研究者を養成することも本領域の使命であり、本領域の計画研究代表自身（全員が若手）がそのような存在を目指すとともに、大学院生、ポスドクの育成に力を入れることで、目標を達成できる研究組織としてまとまることができると考える。

連携を盛り上げるために、系統図を虫眼鏡で拡大してみると、途中で進化しやすさが変動している様子を図案化し、領域のロゴとした（図2）。

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●領域推進の方法

本領域は3つの計画研究で構成される。進化可能性変動史の理解には多様なスケールの研究対象に目を向ける必要があるが、3つの計画研究によってこれをカバーできる（図3）。

3つの計画研究のそれぞれから、祖先-子孫間における進化可能性の変動について独自の実証データを得て、研究領域としてそれらの比較を進め、どの世代／年代スケール（種内、種分化～数億年スケール）で進化可能性の変動が検出されるか解明を進める。新理論の構築を視野に入れ、領域内の学術的相互作用を駆使し、その基礎となる「**進化可能性変動の普遍的要因**」の候補を絞り込む。

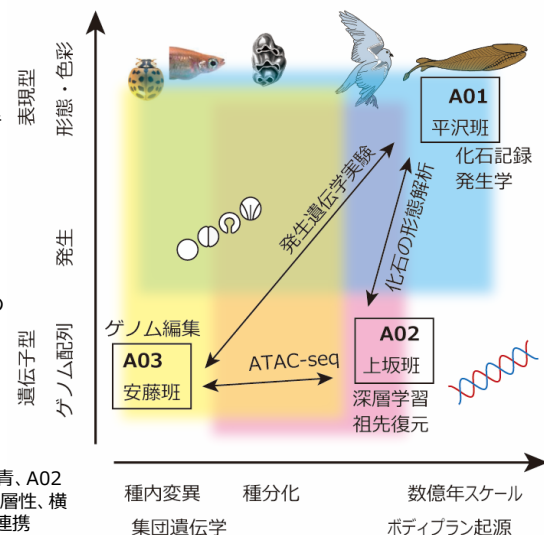


図3 各計画研究が対象とする範囲（A01青、A02赤、A03黄、縦軸：遺伝子型～表現型の階層性、横軸：世代/年代スケール）と、計画研究間の連携

●A01：脊椎動物進化における進化可能性変動の検出：種分化スケールから数億年スケールまで

平沢達矢（東大）、木村由莉（科博）、東山大毅（総研大）

脊椎動物の形態進化について、主に**化石記録をもとにした形態進化過程の解明**とそれらの背後にある発生機構の特定を進め、数億年スケールに注目した際の進化的新規形質の成立のしやすさの時間変化（世代変化）や、種分化スケールに注目した際の形態特徴量の集団内変異量の時間変化についての実証データを集める。それらのデータをもとにして、特に発生拘束の変動史や、形態特徴量の集団内変異パターンと発生の可塑性の関係性に注目して、進化可能性の変動を検証する。

●A02：深層学習による形態予測から迫る鳥類の翼の進化可能性変動史

上坂将弘（東北大）、西尾理志（東京科学大 *研究協力者）

形態形成に関わる遺伝子制御領域を用いた**深層学習による祖先形態特徴量の予測**により、ゲノム配列のみから遺伝子制御活性と形態特徴量を予測する手法を開発する。鳥類系統を対象に、各遺伝子制御領域について現生種の塩基配列比較から復元した祖先種の相同配列を用意し、それぞれに対して様々な塩基置換を導入した際の形態特徴量の変化量（各制御領域が寄与する「形態の進化可能性」）を、構築した学習モデルから算出する。最終的に、現生種と祖先種の比較から進化可能性の変遷を明らかにする。

●A03：昆虫・魚類の色彩平行進化における進化可能性変動史

安藤俊哉（京大）、安齋 賢（岡山大）

平行進化遺伝子における変異パターンを実験室内で復元する、独自の**実験遺伝学手法**を駆使した「進化の起源となる変異を復元し進化可能性を測定する」アプローチを通して、異なる動物系統（昆虫と魚類）で種内・種間レベルの平行進化を引き起こす法則性や、大規模な染色体構造転換を含む様々な変異の蓄積による適応度の低下を乗り越える戦略を解明する。

●領域の推進により期待される波及効果

本研究領域は、進化可能性の変動について実証的データを蓄積していくことに主眼を置くが、領域推進期間全体を通して、総括班を中心として理論構築の可能性を常に模索、議論する。これにより、既存の進化可能性に関する理論の修正、新理論の構築につなげられると期待される。このような新興領域を創成することは、従来困難であった「**進化の未来予測**」にも結びつくはずである。

ホームページ等

領域ホームページ <https://detecting-evolvability-dynamics.com>

Xアカウント https://x.com/Evol_Dynam

Blueskyアカウント（English） <https://bsky.app/profile/evol-dynam.bsky.social>