

令和 5 年 4 月 26 日現在

機関番号：82401

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06384

研究課題名（和文）進化の制約と方向性～微生物から多細胞生物までを貫く表現型進化原理の解明～

研究課題名（英文）Evolutionary theory for constrained and directional diversities

研究代表者

倉谷 滋（Kuratani, Shigeru）

国立研究開発法人理化学研究所・生命機能科学研究センター・チームリーダー

研究者番号：00178089

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 331,250,000円

研究成果の概要（和文）：計画・公募研究の支援をし、理論と実験の融合促進、そして各研究結果から一般性を探り出すために、以下の活動を行った。領域会議、総括班会議を1年に2回、全10回行った。若手ワーキンググループを中心に、理論情報交換会を9回行い最新技術の情報提供や議論を行った。大規模解析支援としてシーケンサーなどの機器を購入し、領域内公募、委員会審査により、36件の支援を行った。国際活動支援班で、国際学会でシンポジウムを13回、オンラインセミナー及びミーティングを6回行った。国内学会で合計51のシンポジウム、ワークショップを企画開催した。領域内のニュースレターを計55号作成し、領域WEBページで公開した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生物進化の一般法則として認められているものに、自然選択理論と中立進化理論がある。しかし、これらの理論は表現型や変異の無方向性を前提にしており、実際に生物進化の多様性に偏りがあるという事実を説明できない。総括班で、計画班・公募班の研究を支援することにより、多様性や表現型の偏り、あるいはそれをもたらす何らかの「制約」がどのように進化するのかを理論・大規模データ・実験の3つの側面から研究すること、進化の制約と方向性を説明する進化制約理論を構築することが可能となったことに学術的意義がある。進化学は人間生存の根本となる学問分野であり、その基本原理を探求することにより、社会に文化的貢献を意義があった。

研究成果の概要（英文）：Project meetings and Executive meetings were held twice a year for a total of 10 meetings. In addition, the working group held for younger scientists a total of 9 theoretical and information exchange meetings to provide information and discuss on the latest technologies. For large-scale analysis support, equipment such as sequencers used for supporting activities was purchased, a committee was set up to select proposals to be supported, resulting in 9 cases of successful supports in FY2018, 13 in FY2019, and 13 in FY2020. In FY2020 and FY2021, 14, and in FY2020 and FY2021, 14 projects were supported. The International Activities Support Group organized a total of 13 symposiums, 6 online seminars and meetings at international conferences. As for domestic activities, a total of 51 symposiums and workshops were held at domestic conferences. In addition, a total of 55 website newsletters were published and posted on the website.

研究分野：進化発生生物学

キーワード：進化生物学 表現型進化 揺らぎ応答理論 実験進化学 理論構築

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生物がランダムに多様化しているのではない。発生プログラムの変更や形態進化の変更には不均一さや、変わりにくい部分が認められ、それが進化の性質を語っているように見えながら、それがまともに扱われたことはまだない。本研究では、この制約と揺らぎをさまざまなレベルで検出し、個体間差や環境変化による表現型変化など短期的な時間スケールで観察される表現型揺らぎと、長期的な時間スケールで起こる表現型進化の制約や方向性がどのように関係(相関)しているかを実験的に解明し、制約進化理論の適用範囲の検証と修正を行うことで、何が表現型進化に制約と方向性をもたらすのかを明らかにすることが求められていた。そして、従来自然淘汰理論、中立進化理論を包含し、生物進化をより包括的に説明できる理論の構築が喫緊の課題であった。

2. 研究の目的

生物進化の一般法則として認められているものに、自然選択理論と中立進化理論がある。しかし、これらの理論は表現型や変異の無方向性を前提にしており、実際に生物進化の多様性に偏りがあるという事実を説明できない。本研究領域では、多様性や表現型の偏り、あるいはそれをもたらす何らかの「制約」がどのように進化するのかを理論・大規模データ・実験の3つの側面から研究し、進化の制約と方向性を説明する進化制約理論を構築することを目指した。

3. 研究の方法

本領域では、以下の3つの研究項目の下で研究を遂行した。[研究1]表現型の揺らぎ・環境応答の定量解析、[研究2]進化的制約・方向性の定量解析、[研究3]制約進化理論の構築であった。本領域の特徴は、実験研究と理論研究の融合による新たな進化論の構築であった。進化学全体における普遍的な原理を探求するため、異なった生物材料(細菌、無脊椎動物、脊椎動物、植物)、異なった進化現象(遺伝子発現プロファイル進化、環境耐性進化、発生進化、共生進化)を実験研究する計画班が理論を中心とする金子班と連携するとともに、実験と理論の両方に通じた古澤班が橋渡しを行うことにより、これを進めた。このような分野融合的な研究を円滑に進めるため、総括班として、以下の方法で領域活動を行った。(1)領域の研究方針、企画の調整を議論するとともに、各計画・公募研究の進捗状況の評価、改善項目、重点項目の指摘と強化目標の設定を行い、総括班理論支援、大規模解析支援の支援対象を検討、決定するために、総括班会議を開催する。(2)班員全員と総括班研究協力者(評価委員)が、各班の研究成果に基づき、どのように進化的制約と進化可能性を持つ一般的性質を導き出すかを議論し、領域全体での研究の進展を促進するため、領域会議を開催する。(3)得られた実験データをもとに、実験研究者と理論研究者が密な議論を行う場を構築するため、実験研究と理論研究の融合へ向けた理論情報交換会を行う。(4)RNAseq解析など大量の表現型揺らぎ計測データ取得の支援をするため、解析手法の研究進展の情報交換と、研究デザインの策定を目的とし、大規模解析情報交換会を開催する。(5)本領域の成果を国内外に知らせるために、国内では進化学会、生物物理学会、分子生物学会などで各班員が中心となって領域主催の国内シンポジウムを開催する。(6)領域内外との情報交換を目的に、インターネット上でニュースレター発信を随時行う。(7)若手研究者によるワーキンググループを作り、ワークショップなどを開催する。(8)若手を含む研究者の派遣

と招聘支援、国際シンポジウム開催を公募し、審査の上、年間 10 件程度の支援を続ける。

4 . 研究成果

(1) 総括班会議の開催: 領域代表、領域事務担当が中心となり、領域会議と同時期に年 2 回の総括班会議を合計 10 回開催した。領域の研究方針、企画の調整を議論するとともに、各計画・公募研究の進捗状況の評価、改善項目、重点項目の指摘と強化目標の設定を行った。第 10 回の最終会議では、領域成果取りまとめに向けた研究成果報告、評価を行った。(2) 領域会議の開催: 領域代表、領域事務担当が中心となって、年 2 回、領域会議を開催した。班員全員と総括班研究協力者(評価委員) が、各班の研究成果に基づき、どのように進化的制約と進化可能性が持つ一般的性質を導き出すかを議論し、領域全体での研究の進展があった。(3) 理論解析支援: 理論解析支援担当が中心となり、理論研究と実験研究の間の連携を促進するとともに、実験データ解析の支援を行うことを目的として、年 2 回の理論情報交換会を開催した。講義形式での情報共有に加え、ハンズオンセミナーを通じた進化シミュレーションや機械学習技術の実習を行うことにより、理論研究と連携することができる実験研究者の育成に成功した。(4) 大規模解析支援活動: 大規模解析支援担当が中心となり、総括班の支援チームと各計画・公募班員とが緊密に連携し、パイプライン開発からデータ解析までを共同で実施した。RNAseq 解析など大量の計測データ取得の支援を行い、分子や微生物から動物まで様々な実験系において表現型揺らぎの定量を実現した。また、解析手法の研究進展の情報交換と、研究デザインの策定を目的として年 2 回の大規模解析情報交換会を開催した。(5) 国内シンポジウムの開催: 2017 年 10 月にキックオフシンポジウムを開催し、領域の目的を広く公開し、領域内外から約 120 名が参加し研究計画発表を行った。また進化学会、遺伝学会、分子生物学会などで各班員が中心となり合計 51 の領域主催のシンポジウム、ワークショップを企画開催し、本領域のコンセプトおよび研究成果を領域外に周知した。(6) ウェブサイト・ニュースレター作成: ウェブサイト・ニュースレター担当が中心となり、領域ウェブサイトで情報提供、成果発信を行うとともに、本編 39 号、号外 16 号、計 55 号のニュースレターを発行して、領域の活動および成果を詳細に記録に残すとともに、ウェブサイト上に公開した。(7) 若手ワークショップの開催: 若手育成企画担当および若手ワーキング・グループが中心となり「発生拘束の理解とその応用」、「進化と揺らぎについて再考する」等の領域内若手ワークショップ計 6 回の開催を支援した。表現型揺らぎの概念が研究者ごとに異なっているという問題について、若手を中心として活発な議論を行うことにより、領域内における揺らぎの概念を統一することができた。(8) 国際活動支援、国際ネットワークの開拓と若手育成: 国際連携担当が中心となり、理論研究と実験研究の融合的発展を目指し、若手を含む研究者の派遣と招聘支援、国際シンポジウム開催を公募し、審査のうえ合計 30 件の支援を行った。国際学会では、2018 年にアジア圏の進化生物学者が集う国際学術会議 AsiaEvo の共催を行った他、合計 13 のシンポジウムと 6 回のオンラインセミナー及びミーティングを開催した。領域最終年度には第 2 回 AsiaEvo Conference をオンラインで開催し、ノルウェー、アメリカ、中国から招待講演者を招き、本領域研究では比較的議論が不十分であった集団遺伝学的観点を踏まえた表現型進化について重要な議論を行うことができた。コロナ禍において海外渡航が難しい状況において、若手研究者の国際的なネットワーク構築を支援することを目的の一つとして、若手研究者をオーガナイザーとした国際オンラインセミナーを企画し、若手の育成および国際共同研究の構築を推進した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

新学術領域「進化制約方向性」 http://constrained-evo.org/

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	深津 武馬 (Fukatsu Takema) (00357881)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・生命工学領域・首席 研究員 (82626)	
研究分担者	古澤 力 (Furusawa Chikara) (00372631)	国立研究開発法人理化学研究所・生命機能科学研究セン ター・チームリーダー (82401)	
研究分担者	入江 直樹 (Irie Naoki) (10536121)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・准教授 (12601)	
研究分担者	金子 邦彦 (Kaneko Kunihiko) (30177513)	東京大学・大学院総合文化研究科・教授 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	重信 秀治 (Shigenobu Shuji) (30399555)	基礎生物学研究所・新規モデル生物開発センター・教授 (63904)	
研究分担者	長谷部 光泰 (Hasebe Mitsuyasu) (40237996)	基礎生物学研究所・生物進化研究部門・教授 (63904)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計2件

国際研究集会 The 1st AsiaEvo Conference	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 7th meeting of the European Society for Evolutionary Developmental Biology (EED)	開催年 2018年～2018年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		