

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 1 日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23770087

研究課題名(和文) 進化的キャパシターの探索と適応促進効果の検証

研究課題名(英文) Search for evolutionary capacitor and its adaptive potential

研究代表者

高橋 一男 (Takahashi, Kazuo)

岡山大学・その他の研究科・准教授

研究者番号：10450199

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：進化的キャパシターと呼ばれる機構は、遺伝的・環境的攪乱を緩衝し、突然変異を隠蔽変異として集団中に蓄積する機能を持ち、近年注目を集めている。本研究では、キイロショウジョウバエの翅形態をモデル系として、自然遺伝変異の調節機能を持つゲノム領域の探索を行った。その結果、複数のゲノム領域が量的遺伝分散に影響し、翅形態の広義の遺伝率を有意に増大させた。加えて、複数のゲノム領域に、翅形態の質的隠蔽変異を顕在化させる効果が検出された。これらの結果は、自然遺伝分散に影響するゲノム領域が複数存在する事を示しており、これらのゲノム領域には、進化的キャパシターの候補遺伝子が含まれる可能性がある事を示している。

研究成果の概要(英文)：A conceptual machinery called an evolutionary capacitor buffers genetic and environmental perturbations and keeps genetic variation cryptic, accumulating mutations in a population. In the current study, I used *Drosophila melanogaster* as a study material, and searched for genomic regions that regulated natural genetic variation in wing morphology using isogenic deficiency strains. As a result, multiple genomic regions were shown to affect quantitative genetic variation and significantly increased broad-sense heritability of wing shape. In addition, several genomic deletions revealed qualitative cryptic genetic variation in wing morphology such as extra wing compartment, lack of wing vein etc. These results indicate the existence of multiple capacitors for natural genetic variation, and the genomic regions with effect on natural genetic variation may encompass candidate genes for evolutionary capacitors.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生物多様性・分類

キーワード：発生過程安定性 量的遺伝学 形態測定学 進化可能性

1. 研究開始当初の背景

遺伝的多様性は、環境要因の変化に対する進化的応答に不可欠であり、遺伝的多様性が高いほど速やかな適応、進化的応答が生じることが、理論的、実験的に知られている。近年、このような迅速な進化的応答に重要な寄与をする機構として、進化的キャパシターが注目されている。進化的キャパシターとは、発生過程を安定化することで、環境変異、遺伝変異を緩衝し、表現型の多型を隠すことで、遺伝変異の集団中への蓄積を促進する機構を指したものである。その分子機構の一端を担うと考えられている Hsp90 は、分子シャペロンの一種である。Hsp90 が正常に機能している場合、環境ストレスによって変性したタンパク質や、突然変異によって構造上の異常が生じたタンパク質でも機能を回復し、正常な表現型を示すことが可能である。その一方で、Hsp90 に変異が生じれば、蓄積していた遺伝変異が表現型に現れ、淘汰を受けることになる。Hsp90 は、様々な生物において環境、遺伝変異を緩衝する可能性が示唆されており、進化的キャパシターの有力な候補であるが、Hsp90 だけでは無い、複数の進化的キャパシターが存在する可能性もある。進化的キャパシターによる迅速な適応、進化の全容を理解するためには、進化的キャパシターのさらなる探索と、その機能の解明が必要である。

2. 研究の目的

申請者の先行研究により、多数のゲノム領域で環境変異緩衝効果が検出されたため、遺伝変異緩衝機能を持つゲノム領域も、同様に複数存在する可能性が示唆された。キロシヨウジョウバエのゲノム上に、進化的キャパシターとしての機能を持ちうるゲノム領域が複数存在するかどうかを検証するため、上記と同様のゲノム欠失系統 61 系統を用いて、遺伝変異緩衝効果を評価した。

3. 研究の方法

翅形態に明確な遺伝的分化が観察されている、野生系統 10 系統の間に存在する、翅形態の自然遺伝分散を増大させるような効果を持つゲノム領域を探索した。ゲノム欠失処理における遺伝変異顕在化効果は、まず広義の遺伝率を推定する事でいった。申請者の先行研究で、進化的キャパシターの候補となり得る 61 個のゲノム領域が特定されている(図 1)。遺伝的背景が同一な欠失系統コレクション (DrosDel 系統) を用いて、それらが形態形質の遺伝分散に与える影響を検証した。これとは別のアプローチで進化的キャパシターの候補を得るため、申請者が現在樹立中の、翅形態への環境変異緩衝機能を上昇させた系統と、低下させた系統の樹立を試みた。

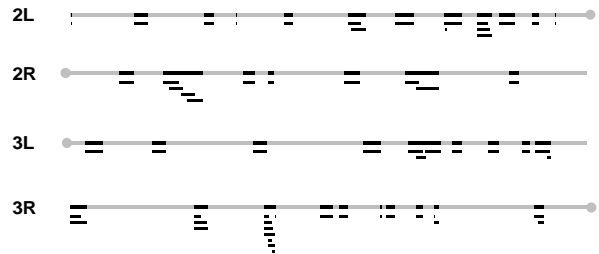


図1. 研究で用いられた61個のゲノム欠失の分布

4. 研究成果

対照処理においては、翅形態の遺伝率は 0.354 であったのに対して、欠失処理においては、それを 0.8 付近まで上昇させるものが見つかり、8 つのゲノム欠失で有意な効果が検出された(図 2)。

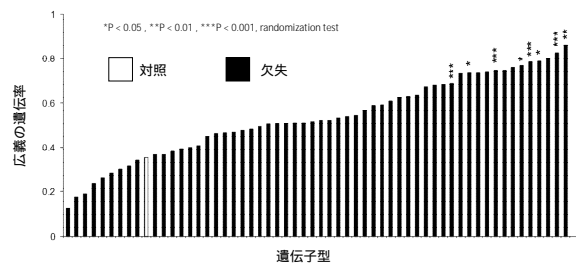


図2. 対照処理(白)と欠失処理(黒)における翅形態の遺伝率

これら有意な効果の見られたゲノム欠失処理が、翅上のどの部分の自然遺伝変異に影響したのかを可視化した(図 3)。

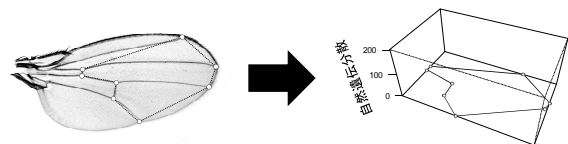


図3. 翅上の標識点で囲まれた領域とその領域内での翅形態の自然遺伝分散の可視化

その結果、対照処理では翅全体に一樣に分布していた自然遺伝分散が、欠失処理では特定の部位に局在していた(代表的な結果のみを図 4 に表示)。

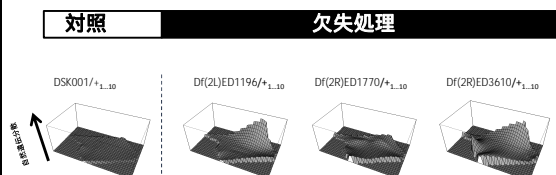


図4. 対照と欠失処理における翅形態の自然遺伝分散の局在

翅の前方部に特に大きな自然遺伝分散の局在が見られる場合や、翅の内部もしくは後方に自然遺伝分散の局在が見られる場合があり、ゲノム欠失によって、顕在化する自然遺伝分散の種類が異なる事が示唆された。この結果は、該当するゲノム領域に、翅形態の遺伝変異を緩衝し、表現型分散を小さく抑える効果があることを意味しており、かつ、翅の部位特異的に遺伝変異緩衝機構が異なることを示唆している。このような、量的遺伝変異の緩衝効果に加えて、翅脈の質的遺伝変異に対する緩衝効果も検出された。対照処理においては、全ての個体で正常な翅脈形成が見られたのに対して、特定のゲノム欠失処理においては、過剰な横脈形成、縦脈欠失や縁の欠けといった形態異常の変異が誘導された。本研究では全部で 10 個のゲノム領域に、遺伝変異緩衝効果が検出され、進化的キャパシターとして機能しうる因子が複数存在する事が示された。これらのゲノム領域には、Hsp 遺伝子などの既知の候補遺伝子は含まれなかったため、新規の進化的キャパシターが見つかる可能性が高い。進化的キャパシターとしての条件を満たす遺伝子を特定し、その性質を詳細に調べることで、進化的キャパシターの一般的特性の解明に繋がる知見が得られると考えられる。進化的キャパシターは、生物の不連続的な進化を主張する、断続平衡説のメカニズムの一つとなりうるもので、その解明は生物の進化のより深い理解につながる可能性がある。また、遺伝変異緩衝機構が解明されれば、育種における人為選抜の効率を大幅に改善することが可能となり、重要な応用的な意義を持つと考えられる。環境変異緩衝機能に対する選抜実験は、14 世代まで続けた結果、一時見えていた系統間の分化が消失してしまった。

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)

Kazuo H. Takahashi, Kouhei Teramura, Shinya Muraoka, Yasukazu Okada, Takahisa Miyatake. Genetic correlation between the pre-adult developmental period and locomotor activity rhythm in *Drosophila melanogaster*. *Heredity*, 110: 321-320. 2013

Kazuo H. Takahashi. Multiple capacitors for natural genetic variation in *Drosophila melanogaster*. *Molecular Ecology*. 22: 1356-1365. 2013

高橋一男. 生命システムのロバストネスが促進する進化. *細胞工学*, 33: 79-83, 2013

Kazuo H. Takahashi, Yasukazu Okada, Kouhei

Teramura. Deficiency screening for genomic regions with effects on environmental sensitivity of the sensory bristles of *Drosophila melanogaster*. *Evolution*, 66, 2878-2890. 2012

[学会発表](計 5 件)

(13) 高橋一男, キイロショウジョウバエを用いた自然遺伝変異の隠蔽機構の探索, 第 14 回日本進化学会大会, 2012/8/23

Kazuo Takahashi, Search for evolutionary capacitor genes in *Drosophila melanogaster*, Biological Symposium at National Institute of Genetics, 2013/11/22

高橋一男, 進化的キャパシターの探索と隠蔽変異による新奇性進化の可能性, 第 6 回 Evo-devo 青年の会, 2013/7/13

Kazuo Takahashi, Multiple Capacitors for Natural Genetic Variation in the Wing Shape of *Drosophila melanogaster*, Third International Symposium of Biological Shape Analysis, 2013/6/14

辻野昌広, 吉井大志, 高橋一男, 行動形質における進化的キャパシターの探索: HSP90 の遺伝変異緩衝効果の測定, 2013/3/8

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日: 2009 年 2 月 6 日
国内外の別: 国内

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋一男 (TAKAHASHI, Kazuo)

岡山大学大学院環境生命科学研究科・准教授
研究者番号：10450199