

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26440243

研究課題名(和文) 広食性昆虫の捕食対象植物器官拡大における可塑性と適応度の侵入プロセスにおける役割

研究課題名(英文) Plastic expansion of food type in generalist insect herbivores and its fitness and role in invasion process

研究代表者

佐伯 順子 (Saeki, Yoriko)

九州大学・総合研究博物館・専門研究員

研究者番号：40646858

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：異なる植物器官を捕食する個体の適応と可塑性、そして侵入プロセスにおける役割について米国に外来種として侵入した日本在来種のマメコガネを用いて検証を行った。両個体群の異なる植物器官捕食時の適応度について、飛翔特性を指標として検証したところ、果実の捕食は飛翔能力を上昇させたが、雌の産卵数を減少させた。果実の捕食は飛翔距離延長によりマメコガネの侵入地での分布拡大に貢献しているが、個体体重と産卵数の減少というコストがあると示唆される。マメコガネは、全ての環境下で果実を捕食する傾向にあった。日米個体群の遺伝的多様性に特定傾向は見られず、両捕食器官捕食中のグリコーゲンレベルに有意な差異はなかった。

研究成果の概要(英文)：The adaptation and plasticity of individuals feeding on different plant organs and their role in invasion process were examined using the Japanese beetles, which is the Japanese native species and has invaded the United States as an alien species. We examined the fitness of individuals feeding on different plant organs of both populations, by examining the flight characteristics as an indicator. As a result, feeding on fruits increased flight distances, but decreased female egg loads. Feeding on fruits contributes to the expansion of the distribution of the beetles through extension of flight distances, but the reduction of body mass and egg load are suggested as costs. The Japanese beetles tended to feed on fruits under all circumstances. There was no specific tendency in the genetic diversity of the Japanese and American populations, nor significant differences in glycogen levels between individuals feeding on fruits and leaves.

研究分野：生態

キーワード：捕食行動 可塑性 広食性昆虫

### 1. 研究開始当初の背景

各国、各大陸間での物資の流通・人の移動が盛んになるに伴い、思わぬ生物の侵入が増加している。外来種の侵入は、公衆衛生、農林水産業、環境保全など多くの分野において致命的な被害を及ぼすことがある。しかし、その侵入種が新天地でその個体群を確立する成功理由はケースバイケースである (Perkins et al. 2011)。そのため、その影響の甚大さと比較して、外来種への対応は後手となることが多い。侵入種の新天地での成功理由には、好環境、侵入個体による適応、侵入個体による可塑的な反応などが考えられる。

北米で害虫として猛威をふるっているマメコガネ(甲虫: *Popillia japonica* Newman) は、1912年以前に日本から北米ニュージャージー州にアイリスの球根を輸送する土に混入して渡り、その後急速に分布領域を広げている (Fleming 1972)。日本でマメコガネは、広葉樹の花や葉を主に捕食し害虫とされているが、その勢いは、北米のそれと比にならない。この北米での猛威の主な原因として、天敵/寄生種がないこと、気温が高いこと、ホスト植物相の違いなどが挙げられているが、現在のところ決定的な理由は未だ不確定である。北米では、花や葉だけでなく、果実を精力的に捕食しており、この捕食対象植物器官の拡大もマメコガネの侵入種としての成功に貢献していると考えられる (Held and Potter 2004)。2010年には北米のイリノイ州でトウモロコシのヒゲ(雄しべ)を捕食しているのが観察され注目を浴びている。特に、近縁種へホスト植物シフトはよく報告されているが、別の植物器官へのシフトは稀である。北米の個体群は、発見されて以来100年を超え、果実の捕食を拡大することにより適応したことを示唆している可能性がある。

### 2. 研究の目的

本研究では、異なる植物器官捕食に対する適応と可塑性の、侵入プロセスにおける役割を解明することを目的とした。米国に外来種として侵入し、農業に大きな打撃を与えている日本固有種のマメコガネ (*Popillia japonica* Newman) を用いて、侵入から約100年後の今、遺伝子発現解析と生態学実験を用い、日本のマメコガネ個体群と比較・検証した。

主にマメコガネが広食性昆虫であることに着目し、(1)異なる植物器官(果実、葉)の捕食時、両個体群は同じ適応度を示すか、(2)葉と果実の捕食時に発現する遺伝子に差異はあるか、また日・米の各個体群間において違いはあるか、(3)北米の個体群は、日本の個体群遺伝子配列と差異があるか、(4)葉または果実捕食個体のグリコーゲンレベルに差異はあるかについて検証した。

### 3. 研究の方法

米国に外来種として侵入し、農業に大きな打撃を与えている日本在来種のマメコガネ (*Popillia japonica* Newman) を用いて、日米のマメコガネ個体群の異なる植物器官(果実、葉)捕食時の適応度について検証した。まず、各植物器官(果実、葉)捕食時の適応度を調査した。果実と葉においては、水分・栄養成分およびその含有量に大きな差異があることが想定されるため、捕食植物器官のシフトは、各個体における寿命、産卵数、身体維持への栄養分配分が変化し、最終的に適応度に影響を与えようと考えられる。そこで両個体群間の異なるホスト植物器官捕食時の適応度の差異を、飛翔特性(飛翔距離および飛翔速度)を指標として検証した。

そして、果実・葉のどちらかの捕食経験のある個体に対して実験室の制御環境下でチョイステストを行った。野外で採集したマメコガネを一定条件下(相対湿度:  $40 \pm 3\%$

または  $50 \pm 3\%$ 、温度  $25 \pm 0.5$  または  $28 \pm 0.5$  ) で 24 時間生育した後、各個体を十分量のブドウの葉、果実、ペーパーフィルターとともにペトリディッシュに導入した。15 分毎に各個体の捕食行動を 2 時間記録した。後日各サンプルの体サイズを測定し、雌の卵保有数をカウントした。

次に、日米のマメコガネ個体群の遺伝的多様性の調査について、日本から約 20 地点、米国から 4 地点のマメコガネを採集した。現在、米国に渡った日本の個体群を特定するために、各地点からの個体の遺伝子配列について解析した。

さらに、葉または果実の捕食がマメコガネのグリコーゲンレベルに与える影響について調査した。野外で採集したサンプルをブドウの葉のみ、または果実のみで 3 日間生育した後、液体窒素で直ちに冷凍した。後日グリコーゲンを抽出し、グリコーゲンレベルを分光光度計で測定した。

#### 4. 研究成果

果実を捕食する個体は、葉を捕食する個体よりも飛行距離を延ばしていることがわかり、果実捕食が分布拡大に貢献していることを示唆している。(図 1)

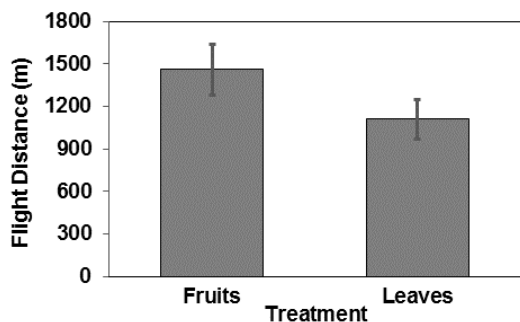


図 1. 果実・葉を捕食した個体の飛行距離

さらに、雌の飛行距離は蔵卵数と正の関係があり、これも分布拡大を加速していると思われる。果実を捕食していた個体は、葉を捕食した個体よりも長距離飛行した。また、個体体重は飛行距離と正の関係があること

がわかり、これらの捕食による飛行能力の上昇は、マメコガネの侵入地での分布拡大に貢献していると考えられる(図 2)。

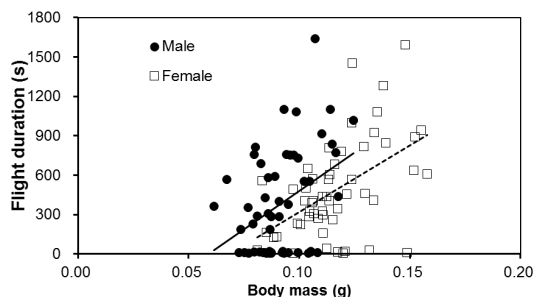


図 2. 飛行距離と個体体重の関係

さらに、雌の飛行距離は蔵卵数と正の関係があり、これも分布拡大を加速していると思われる(図 3)。

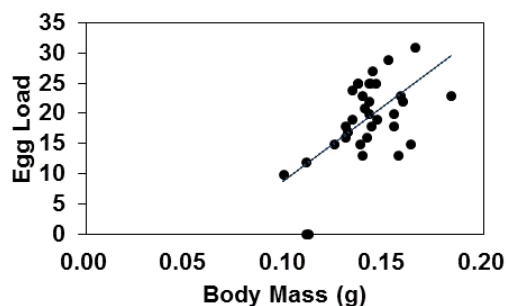


図 3. 雌個体体重と蔵卵数の関係

他方で、果実を捕食する雌は、葉を捕食する雌よりも蔵卵数が多いことがわかった(図 4)。これはたんぱく質をより多く含む葉の栄養成分が、糖をより多く含む果実の栄養成分より、卵の成熟に相応しいと考えられる。また、葉を捕食している個体のほうが、果実を捕食している個体より有意に個体体重が多かった。これらの解析より、果実の捕食は、より長い飛行距離により適応度を高める一方、個体体重と蔵卵数の減少というコストがあることがわかった。この結果は、北米に侵入した個体群における果実捕食の役割について、新たな議論を提供すると考えられる。

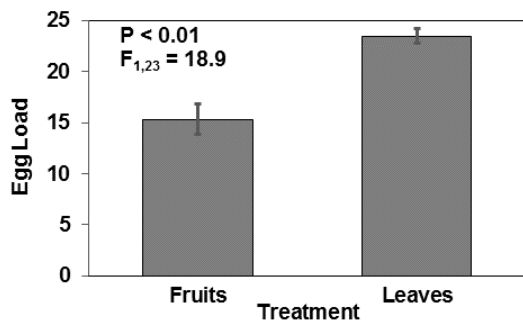


図3. 果実または葉を捕食した個体の蔵卵数

また、日米個体群の遺伝的多様性について、各国個体群の遺伝子配列を解析したが、特定傾向は見られなかった。

チョイステストを行った実験では、全ての環境下で、果実を捕食する傾向にあり、生育条件または雌雄間での有意な差異はなかった(生育条件:  $p = 0.32$ ; 雌雄:  $p = 0.26$ )。雌の体サイズと卵の保有数の間に正の関係があった( $p = 0.02$ )が、各捕食対象上で過ごした時間とは関係がなかった。本実験では、観察時間内での著しい飼料の劣化があったため、長時間の観察が困難であった。極端な飼料の劣化のない自然環境下での観察により明らかな結果が期待される。

葉または果実の捕食グループ間によるグリコーゲンの有意な差異は見られなかった( $p = 0.68$ )。果実の捕食によるグリコーゲンの蓄積を観察することはできなかったが、さらに厳しい乾燥ストレスを与えることにより、耐性への役割を調査することが次の課題と考えられる。

#### 引用文献

- Fleming, W. E. 1972. *Biology of the Japanese beetle*. United States Department of Agriculture Technical Bulletin No. 1449, Washington, DC.
- Held, D. W. & Potter, D. A. 2004. Floral affinity and benefits of dietary mixing with flowers for a polyphagous scarab, *Popillia japonica* Newman. *Oecologia* 140: 312-320.
- Perkins, L. B., Leger, E. A., & Nowak, R. S. 2011.

Invasion triangle: an organizational framework for species invasion. *Ecology and Evolution* 1: 610-625.

#### 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 0 件)

[学会発表](計 4 件)

Tuda, M, Tani, S., Iwase, S., Saeki, Y., Mori, K., Tashiro, K. Host-plant and genetic effects on herbivore's fitness and gene expression, 第31回個体群生態学会大会、滋賀県立大学、2015.10.

Saeki, Y., Sugawara, Y., Tuda, M., and Switzer, P.V. Effect of foraging behavior on correlates of dispersal ability in male and female Japanese beetles, Animal Behaviour Society Annual Meeting, Alaska, USA, 2015.6.

佐伯順子・菅原有真・Switzer, PV・津田みどり、侵入害虫マメコガネ (*Popillia japonica*) の飢餓状態および蔵卵数と飛翔特性の関係、第62回日本生態学会大会、K1-21、鹿児島大学、2015.3.

津田みどり・谷総一郎・岩瀬俊一郎・佐伯順子・田代康介. 植食性昆虫の近縁・遠縁寄主シフトにおける適応度と遺伝子発現の変化、第62回日本生態学会大会、A2-35、鹿児島大学、2015.3.

[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：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6．研究組織

### (1)研究代表者

佐伯 順子 (SAEKI, Yoriko)

九州大学・総合研究博物館・専門研究員

研究者番号：40646858

### (2)研究分担者

( )

研究者番号：

### (3)連携研究者

( )

研究者番号：

### (4)研究協力者

( )