

Wolbachia is *Wolbachia* and its circumstance

内海 邑 (筑波大学 生物学類) 指導教員: 徳永 幸彦 (筑波大学 生命環境系)

【導入】

Wolbachia は *Rickettsia* に近縁な細胞内共生細菌であり、節足動物と線形動物に広く感染している。*Wolbachia* はミトコンドリアのように宿主の母親から子へと細胞質を通して垂直に伝わり、父親からの感染や他個体からの感染は知られていない。宿主の個体群中で感染拡大できるような *Wolbachia* は宿主の生殖様式を操作すること (生殖操作) が知られている。*Wolbachia* による生殖操作として、単為生殖化や雄殺し、感染個体-非感染個体間での細胞質不和合、雄宿主の雌化が報告されている。*Wolbachia* は生殖操作を通じて宿主の子の性比を偏らせたり、非感染個体の適応度を下げたりして、効率よく宿主個体群の中で感染を拡大している。

このように、*Wolbachia* は宿主の個体群中において効率よく感染を拡大するが、その感染経路については母-子間での垂直感染しか知られていない。しかし、*Wolbachia* は昆虫種全体の 65 % 以上に感染していると推定されており、*Wolbachia* とその宿主の系統関係から水平伝播も繰り返し生じたと考えられているにもかかわらず、自然界において水平伝播がどのように行われているかはわかっていない。また、*Wolbachia* が非感染種へ新たに感染したときは、生殖操作が雄殺しから細胞質不和合へと変化したり、細胞質不和合が強くなったりすることが実験的に示されている。このため、*Wolbachia* における水平伝播の解明は、*Wolbachia* の感染がどのようにして多様な分類群へ拡大したのかを理解するだけでなく、生殖操作の機構を理解する上で重要である。また、このような垂直感染系における水平伝播の理解は、生物界全体に広く見られる真核-原核生物の内部共生機構に対して新しい知識を提供するものであろう。

本研究では、*Wolbachia* が非感染種に侵入したときの定着性に焦点を当てた。*Wolbachia* に感染している宿主から、*Wolbachia* 非感染の近縁種と抗生物質により *Wolbachia* を除いた宿主 (元宿主) へ、人工的に *Wolbachia* を感染させ、非感染種と元宿主の感染成功率の比較を行った。これにより、1) *Wolbachia* は非感染種へ感染可能か、2) 元宿主と非感染種で感染成功率に差があるのかという問題に答えた。従来から、人工的な水平伝播の研究は行われていたが、そのほとんどは生殖操作に関する研究であり 水平伝播の仕組みは調べられてこなかった。

【材料と方法】

本研究にはコウチュウ目ハムシ科のアカイロマメゾウムシ *Callosobruchus analis* (*Wolbachia* 宿主) とヨツモンマメゾウムシ *C. maculatus* (非感染種)、抗生物質により人工的に *Wolbachia* を取り除いた *C. analis* (元宿主) を用いた。*C. analis* (宿主) の蛹から *Wolbachia* 抽出液を作製し、マイクロインジェクションにより *C. maculatus* (非感染種) と *C. analis* (元宿主) の蛹計 255 個体の体腔内に抽出液を注入した。宿主が羽化した後、*Wolbachia* の分子マーカーを用いた PCR から、感染宿主数を調べた。階層ベイズに基づいた統計モデルから、

MCMC 法により感染成功率の事後分布を推定した。これにより、非感染種と元宿主への感染成功率を比較した。

【結果と考察】

本研究では、1) 非感染種である *C. maculatus* に対して *Wolbachia* が感染できること、2) 非感染種に対する感染成功率の方が、元宿主に対する感染成功率よりも低いことが明らかになった (Fig. 1)。非感染種において、*Wolbachia* の人工的な感染が見られたことは、*Wolbachia* がコウチュウ目内で水平伝播できることを示す。また従来から、元宿主と非感染種間の進化的距離が遠いほど、非感染種に対する感染成功率は低下すると信じられてきたものの、これを示す先行研究はなかった。本研究で得られた結果は初めてこの予想を支持する。

先行研究との比較から、*Wolbachia* を注入する宿主の部位の違いが感染成功率の差の有無に影響している可能性が考えられる。本研究ではマメゾウムシの体腔への注入により宿主間での感染成功率に差が見られたのに対し、*Drosophila* における先行研究はその初期胚の細胞質へ注入し、宿主間での感染成功率に差が見られていなかった。*Wolbachia* は細胞内共生細菌であることから、体腔に注入された場合は、細胞内に注入された場合と異なり、宿主の免疫などを回避し、細胞内に侵入する必要がある。体腔への注入で宿主間における *Wolbachia* の感染成功率に差が見られたということは、*Wolbachia* の非感染種への感染において、このような免疫の回避や細胞内侵入に対する適応が重要であるということを示唆する。これをふまえて、*Wolbachia* が細胞侵入前過程に対して選択を受けているのかを実際に確かめる必要がある。今後は、新規宿主内で世代を経た後で同様の実験を行い、この宿主への感染成功率が上昇するか検証していく。

本研究と先行研究の比較は、非感染種に対する *Wolbachia* 定着機構での細胞侵入前過程の重要性を示唆した。このことから、*Wolbachia* は新たな宿主の免疫や細胞侵入に対して適応しながら、節足動物の多様な分類群を渡り歩いていったと考えられる。本研究が、非常に多様な節足動物が提供する変化に富んだ環境によって形作られた *Wolbachia* の柔軟な適応進化を理解する一助となることを期待したい。

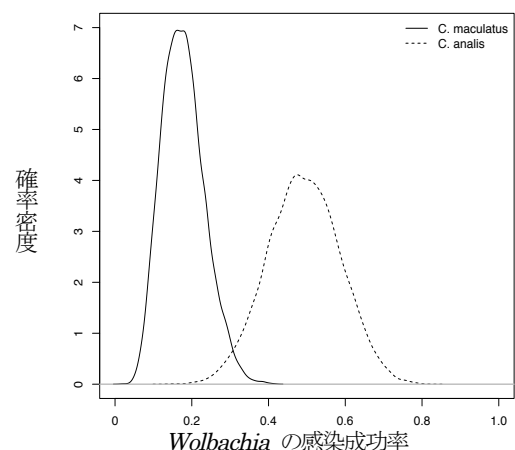


Figure 1: 非感染種(実線)と元宿主(破線)に対する感染成功率