

## 待ち受け型捕食者の縄張りサイズ分布に関する数理モデル

Mathematical model for the territory size distribution of sit-and-waiting type predator

大熊 雄太

広島大学理学部数学科

OHKUMA, Yuuta

*Department of Mathematics, Faculty of Science, Hiroshima University  
Kagamiyama 1-3-1, Higashi-hiroshima, 739-8526 JAPAN*

We consider the optimal territory size for a sit-and-waiting type predator. In general, the larger territory requires the larger cost to sustain and protect it. In this reason, too large territory could not be optimal for the owner's benefit. Let  $x$  be the territory size,  $M(x)$  be the expected number of preys visiting the territory of size  $x$  per unit time,  $P(x)$  be the probability of successfully catching and eating a prey visiting the territory. Then we can define the expected amount of successful predation per unit time by  $W(x) = P(x)M(x)$ . Larger territory could accept more preys, whereas direct and indirect interaction between territories (i.e. their owners) could cause the reduction in the number of visiting preys, owing to competition between them, intrusion of other predators, and destruction/modification of territory by other predators. In these reasons, we assume that the function  $M(x)$  of  $x$  is monotonically increasing with an upper bound, or unimodal with a unique maximal extremum. As for the probability  $P(x)$ , it is assumed to be monotonically decreasing in terms of  $x$ , because of the increase of cost to sustain and protect the territory. Firstly in this work, we mathematically derive the optimal territory size to maximize  $W(x)$  for some concrete forms of  $M(x)$  and  $P(x)$ . Then, making use of the result, we consider the distribution of territory size, introducing a distribution of the parameter expressing the strength of interaction between territories, which reflects the distribution of predator's quality (e.g. some ranking about the dominance). In case of an appropriately hypothesized distribution of the parameter, we could find that the consequent distribution of territory size could have a wide variety of characteristics with the existence of such interactions between territories.

多くの動植物や昆虫は、狩猟や繁殖など様々な目的で巣や縄張りを形成する。一般に、縄張りが大きくなれば、その維持や防衛にかかるコスト（手間や時間）も増えるため、無為に縄張りを広げることは個体にとって有益ではない。最適性の観点から考えれば、縄張りの大きさは所有者が得る利益が最大になるように決まるはずである。本研究では、アリジゴクやクモのように、縄張り（あるいはそれに相当するもの）を形成し、餌個体を待ち受けて捕獲する、待ち受け型の捕食者の縄張りのサイズ分布について、同種の縄張り間相互作用も考慮した数理モデルを構成、解析した結果に基づいて考察した。

縄張りサイズを  $x$ 、縄張りに単位時間あたりに訪れる餌個体数の期待値を  $M(x)$ 、縄張りに訪れた餌一個体あたりに対する捕食の成功率を  $P(x)$  によって表し、縄張りを所有する捕食者が単位時間あたりに捕食できる餌の量の期待値  $W(x)$  を  $W(x) = P(x)M(x)$  によって与える。

より大きな縄張りへはより多くの餌が訪れるが、縄張り間相互作用を考慮した場合、餌個体がある縄張りに来訪する前に、他の捕食者の縄張りによって先に捕食される負の効果（競争効果）や、縄張りへの他の縄張り個体の侵入、あるいは、その他の干渉（縄張りの構造の破壊や侵蝕など）効果が考えられる。このような縄張り間相互作用の効果は、より大きな縄張りに対してより強く働くと仮定し、 $M(x)$  については、有限な上限値に飽和する単調増加関数、もしくは、一つの極大値をもつ単峰の関数を考えた。また、より大きな縄張りでは、維持や防衛により大きなコストがかかるので、その結果として、縄張りを訪れた餌一個体の捕食に成功する確率  $P(x)$  は、縄張りサイズ  $x$  についての非増加関数とした。本研究では、特に、縄張り間相互作用を考慮した場合について、他の縄張りとの相互関係の特性にどのように最適縄張りサイズが依存するかに着目した。

まず、いくつかの具体的な関数  $M(x)$  および  $P(x)$  について、この数理モデルを解析し、縄張り間の相互作用の強さを表すパラメータを陽に含む形で最適縄張りサイズを導出した。その結果を応用し、捕食者個体の質のばらつき（優劣の順位）の反映として、縄張り間の相互作用の強さを表すパラメータに適切な分布を導入し、その結果として、最適縄張りサイズの分布がどのような特性を持ち得るのかについて検討した結果、縄張り間の相互作用が定める縄張りサイズ分布は、高い多様性を示しうることが示唆された。