

# Theoretical study for evolution of signal, sensor, and decision making

里居, 伸祐

<https://hdl.handle.net/2324/2236050>

---

出版情報 : Kyushu University, 2018, 博士 (理学) , 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

氏 名 : 里居伸祐

論 文 名 : Theoretical study for evolution of signal, sensor, and decision making  
(シグナル、感覚器官及び行動決定の進化についての理論的研究)

区 分 : 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

生物は餌の発見、捕食の回避、交配相手の誘引などのために様々なシグナルを発する。そのシグナルを検知するために生物は対応した様々な感覚器官を発達させている。シグナルを検知した生物は置かれた状況や経験に応じて、そのシグナルに対する行動を決定する。生物がどのようなシグナルを発し、どのような感覚器官をもち、そしてどのように行動を決定するのか、これら一連の研究は”Sensory Ecology”と呼ばれ、近年盛んに研究されている。生物が持つシグナルや感覚器官の実験・観察的知見は急速に蓄積されているが、それぞれの生物がなぜ現在のシグナル及び感覚器官を発達させてきたのか、進化的・適応的理解は得られておらず、それを予測する理論的研究も多いとは言えない。生物の行動決定に関しては、生態学に限らず経済学・心理学など多くの分野で実験・理論双方のアプローチにより研究が行われてきた。しかしながら、環境情報としてのシグナルとその検知の結果として行動決定が行われることは明白であり、それぞれの要因を統合して生物の行動を理解するような議論はなされていない。

本論文は、シグナル、センサー、行動決定というそれぞれの要素を数理モデルによって扱い、一連の流れとして生物の行動を理解する枠組みの構築を目指すものである。第一章では、寄生アリにおける体表の化学シグナルの進化について議論した。他種のアリの巣に侵入し利益を得るようなアリ類寄生者は、自身の体表炭化水素形質を利用し、化学擬態によって他種のコロニーに侵入する。アリ類寄生者における化学擬態には、宿主の形質を真似る戦略(mimic)の他に、化学物質量を薄くする戦略(cryptic)が観察されている。数理モデルを構築して、それぞれのシグナル戦略が進化する条件を解析した結果、種内競争の程度が小さいと cryptic 戦略が進化し、大きいと mimic 戦略が進化する事がわかった。これらは実際の観察及び実験的知見と一致する部分が多く、シグナル戦略の進化を理論的に扱うための一つの方法を提案している。第二章では、生物の重要な感覚器官である眼のサイズの決定要因について議論した。Leuckart(1876)は、移動速度の早い生物は眼が大きいという法則を提唱し、Leuckart's law と呼ばれている。近年実際に眼の大きさと移動速度を測定してこの相関を調べた研究が報告されているが、状況によって法則の成立の可否が異なっている。それらの違いがなぜ生じるのか、Leuckart's law はどのようなときに成立するのかを調べるため、コンピュータシミュレーションを用いて解析を行った。結果として、障害物が少なく、餌資源が豊富なときのみ Leuckart's law は成立することが示された。この結果は観察結果と一致しており、眼のサイズを決定する一つの要因の規則を提唱した。第三章では、生物の意思決定について、進化及び学習両面の影響を考察するための新しいフレームワークを構築した。生物が新規被食者のシグナルを検知したとき、その被食者を攻撃するか否かを決定する必要がある。この行動決定は一般にこれまでの経験と本能両方によってなされているが、2つの要素を考慮できる理論的枠組は存在し

ない。ここでは、学習による行動決定モデルをベースとして、本能的・進化的要因を考慮することのできる新たなモデルを作成した。また、そのモデルを用いて忌避行動を取る際に本能および学習のどちらを用いて忌避行動を取るのかを解析した。結果として、被食者の毒性が強い、あるいは防御を備えた被食者の頻度が高い場合には本能的忌避を行うことが示された。この結果は多くの実証研究によりサポートされており、このモデルを用いたさらなる応用が期待できる。