

平成 26 年 1 月 27 日

京都大学 大学院情報学研究科
理化学研究所 脳科学総合研究センター
東京大学 生産技術研究所

英国科学誌「Scientific Reports」誌への研究成果 カエルの合唱の法則を数学と光計測を使って発見

1. 発表者：

合原 一究 Ikkyu Aihara (理化学研究所 脳科学総合研究センター／
基礎科学特別研究員)
水本 武志 Takeshi Mizumoto (京都大学 大学院情報学研究科／
日本学術振興会 特別研究員 DC2)
大塚 琢馬 Takuma Otsuka (京都大学 大学院情報学研究科／
日本学術振興会 特別研究員 DC1)
栗野 皓光 Hiromitsu Awano (京都大学 大学院情報学研究科／
日本学術振興会 特別研究員 DC1)
柳楽 浩平 Kohei Nagira (京都大学 大学院情報学研究科 大学院生)
奥乃 博 Hiroshi G. Okuno (京都大学 大学院情報学研究科 教授)
合原 一幸 Kazuyuki Aihara (東京大学 生産技術研究所 教授)

2. 発表ポイント：

- ・ 本研究では、独自に開発した光計測システムを用いて、多数のニホンアマガエル（以下、アマガエル）の合唱（集団発声行動）に潜む同期現象を発見しました。
- ・ さらに、空間的に運動する振動子モデルから成る結合振動子系の理論を応用した数理モデルを提案し、このアマガエルの合唱（集団発声行動）の観測結果を説明しました。
- ・ その結果、古来我々日本人にとって身近な生物であるアマガエルが、興味深い同期的集団発声行動を示すこと（合唱のリズム）を世界に先駆けて明らかにしました。

3. 発表概要：

春になると、我が国の広い範囲でアマガエルが水田等で鳴き交わす発声行動を観察することができます。理化学研究所脳科学総合研究センターの合原一究・基礎科学特別研究員は、

京都大学大学院情報学研究科の奥乃博教授の研究室、東京大学生産技術研究所の合原一幸教授と共同で、多数のニホンアマガエル（以下、アマガエル）の集団発声行動が生み出す同期現象（注1）を発見し、さらにその同期現象を説明する数理モデルを提案しました。カエルの合唱は、水田や池・川など様々な場所で見られますが、個体毎の空間配置および発声タイミングの測定はこれまで困難でした。本研究グループは、独自に開発したアマガエルの発声行動を可視化する音声可視化素子「カエルホタル」（特開 2010-133964，米国特許 8,416,957）数十台を水田に並べ、その明滅の時空間パターンを動画として撮影する野外調査を行い、多数のアマガエルが交互に鳴き交わす同期現象を発見しました。また、結合振動子系（注2）の理論を応用して、空間的に運動する振動子モデルから成る結合振動子系の数理モデルを提案し、野外で観測した同期現象を定性的に説明しました。これらの音声可視化システムおよび数理モデルは、他種のカエルや昆虫など、夜行性で音声を発する動物の行動研究への応用が期待できます。この成果は、2014年1月27日にネイチャー・パブリッシング・グループの総合科学雑誌「Scientific Reports」（オンライン版）に掲載されま

す。掲載論文は下記 URL からどなたでも無料で閲覧できます。

掲載 URL : <http://dx.doi.org/10.1038/srep03891>

4. 発表内容：

■背景

アマガエルの集団発声行動、すなわち合唱は、日本全国の水田等で春から夏にかけて広く観察できます。このように馴染み深い現象ですが、多数のアマガエル同士が、実際の野外において、どのように影響を及ぼし合い、それぞれの空間配置や発声タイミングを変化させているかは、これまでわかっていませんでした。

■内容

本研究グループは、音声を光に変換することによりアマガエルの発声行動を可視化する音声可視化素子「カエルホタル」数十台を水田に並べ、その明滅の時空間パターンを動画として撮影する野外調査を行いました。その結果、野外において多数のアマガエルが交互に鳴き交わす同期現象を発見しました。これは、アマガエル同士が縄張りを主張しやすいように、鳴くタイミングを互いにずらしているものと予想されます。さらに、結合振動子系の理論を応用して、空間的に運動する振動子モデルから成る結合振動子系の数理モデルを提案し、野外での観測結果を定性的に説明しました。

■効果

本研究により、日本人にとって身近な動物であるアマガエルが、興味深い同期現象を示すことを世界に先駆けて明らかにしました。また、本研究で用いた音声可視化システムは、これまでに、日本のみならず、オーストラリア、パナマなどでも他種のカエルの研究にも

使っており、さらに、昆虫など、夜行性で音声を発する動物の行動研究への応用が期待されます。

■今後の展開

今後は、国内外の研究者と連携し、様々な種類のカエルの集団発声行動を明らかにしていきたいと考えています。

5. 発表雑誌：

Ikkyu Aihara*, Takeshi Mizumoto, Takuma Otsuka, Hiromitsu Awano, Kohei Nagira, Hiroshi G. Okuno & Kazuyuki Aihara: Spatio-Temporal Dynamics in Collective Frog Choruses Examined by Mathematical Modeling and Field Observations. *Scientific Reports*, 4:3891, 27 Jan. 2014. doi: 10.1038/srep03891

6. 用語解説：

(注1) 同期現象

複数の動物や素子が信号を出すタイミングを合わせる現象を、同期現象と呼びます。例えば、ホタルの集団が互いに明滅タイミングを合わせる同期現象や、板の上に載せたメトロノームがタイミングを合わせて振動する同期現象などが知られています。

(注2) 結合振動子系

周期的に振る舞う振動子が互いに影響を及ぼし合うシステムを、結合振動子系と呼びます。結合振動子系の振る舞いを記述する典型的な数理的枠組みとして、蔵本由紀・京都大学名誉教授が提案した蔵本モデルがあげられます。

7. 添付資料 :

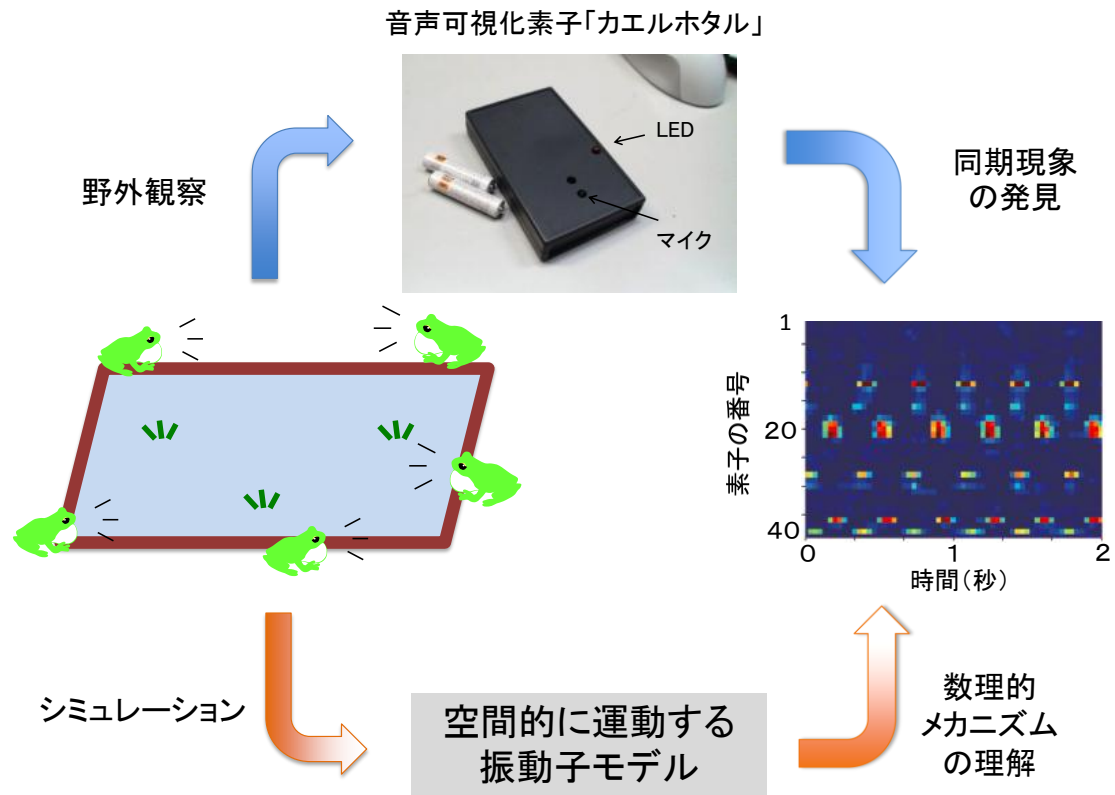


図1：研究の概念図。カエルの発声行動を可視化する音声可視化素子「カエルホタル」を用いた野外観察を行い、多数のアマガエルが交互に鳴く同期現象を発見しました。右図は、水田に設置したカエルホタルの明滅パターンです。色の明るい箇所がアマガエルの発声に対応し、近くの個体同士が交互に鳴っている様子を表しています。さらに、結合振動子系の理論を応用して、空間的に運動する振動子モデルから成る結合振動子系の数理モデルを提案し、観測結果を定性的に説明しました。