OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Research on Supporting Data-driven Analysis on Animal Behavioral Big Data
Author(s)	田, 一鳴
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/85437
rights	© 2021, The Author(s). This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 （ 田 一鳴 YIMING TIAN ）

論文題名	Research on Supporting Data-driven Analysis on Animal Behavioral Big Data (動物行動ビッグデータのデータ駆動型解析支援に関する研究)

論文内容の要旨

Navigation is an essential ability of many animals, and it can help animals find their way accurately without maps or instruments. Through constant research by biologists, the capabilities of navigation are becoming more apparent. However, the mechanisms of navigation are not yet fully understood, especially the processes by which animals deal with their external/internal information. Thanks to recent advances in sensing technology and batteries, more and finer data on animal behavior can be recorded from animal borne sensor devices, such as trajectory as well as body and environmental information. These data can help biologists learn more about navigation. However, the collected data is animal behavioral big data, including a lot of sensor modalities and long-term time-series, making it difficult for biologists to analyze navigation in identifying the essential sensor modalities and timings.

Therefore, the goal of the study is to develop methods to support biologists in understanding animal navigation using big animal behavioral data. In this study, we (i) find important sensing modalities from multi-modal sensor data in the task of detecting frequent co-occurrence behavioral modes and (ii) determine important timings from long-term sensor data in the task of identifying clues of animals' decision-making. (i) Detecting co-occurrence behavioral modes can help us understand animal behavior and its relationship with internal states/surrounding environments. To detect the frequent co-occurrence behavioral modes, we need to analyze all possible behavioral modes from the whole sensor modalities, which incurs an expensive computational time. (ii) As for the detection of important timings, this study focuses on the analysis of decision-making by animals. Analyzing decision-making during locomotion by animals can help us understand the navigation mechanisms. However, it is difficult for biologists to find out clues related to decision-making. First, it is difficult to detect when an animal makes a decision because the data is huge over long period of time. Second, a lot of sensor modalities are recorded, making it difficult to find out clues that animals use to make their decisions.

In this thesis, we aim to solve these two problems to support biologists to understand the mechanism of animal navigation. We introduce the research background of animal navigation and discuss research issues in Chapter 1.

In Chapter 2, we propose a frequent co-occurrence behavioral modes detection method. The proposed method achieves high-speed time-series segmentation & clustering and automatically detects co-occurrence behavioral modes. The proposed method first uses Symbolic Aggregate approXimation (SAX), a symbolization method, to segment the time-series. We reduce the computation time of SAX by reusing previous results of SAX when different parameter (number of symbols) was used. We then apply spectral clustering to cluster the segments. Spectral clustering is a graph partition method, which regards data points as vertices in a graph; in our case, we assume segments as nodes in a graph. To speed up clustering, we reduce the graph size by merging segments with the same symbol into one node.

In Chapter 3, we continue our study on frequent co-occurrence behavioral modes. Here we introduce comparative analysis into the analysis of behavioral co-occurrence, and we study on the difference in co-occurrence behavioral modes between groups, such as male vs. female groups. In our method, we first identify the frequent co-occurrence behavioral modes using the method in Chapter 2. Then, we calculate the correlation of the behavioral modes for each group. Next, we compute the absolute values of the differences in correlation between the two groups. Finally, the co-occurrence behavioral modes that differed between the two groups is obtained.

In Chapter 4, we propose a trajectory mining tool, NaviMine, to find the important timings and clues related to decision-making by using behavior prediction. To find the time and clues related to decision-making, we focus on the initial t hours segment of trajectories. If we can predict animals' future movement by using an initial t hours segment with a high probability, we can assume that factors related to future decision-making are hidden in the initial t hours segments. Finally, in Chapter 5, we summarize this thesis and discuss our future work.

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　　田　一鳴　　）		
	（職）	氏　　名
論文審査担当者	主 査　准教授	前川　卓也
	副 査　教授	原　隆浩
	副 査　教授	下條　真司
	副 査　教授	鬼塚　真
	副 査　教授	藤原　融
	副 査　教授	松下　康之

論文審査の結果の要旨

提出された論文では、動物に装着したセンサデバイスから得られたバイオロギングデータの解析支援を行うデータ駆動型手法の提案について述べている。動物から得られるバイオロギングデータは多次元化や長時間化が進んでおり、それらを可視化や先験的知識に基づく特徴量を用いて解析することにより知識発見を行うことは難しくなりつつある。本論文では、多モーダルかつ長時間のセンサデータからのモードの共起分析および長時間センサデータからの動物の意思決定要因の分析に着目し、以下の研究成果について述べている。

１つ目の主な成果として、多モーダルかつ長時間のセンサデータから、行動状態のモードや環境データのモードを抽出し、頻出する共起モードを検出する手法を提案している。多モーダルデータからモードを抽出し、共起するモードを発見するには多大な計算コストを要するため、本論文ではセンサデータのシンボル化やグラフの簡略化を用いたモード検出の高速化手法を提案している。提案手法をコウモリから得られた移動軌跡と捕食タイミングのデータに適用することで、コウモリの捕食の際の速度変化に関する新しい発見に繋がった。さらに本論文では、共起モード検出手法を動物群の比較分析に適用し、海鳥の採餌行動の開始時刻における性差に関する新しい発見に繋がった。ベースライン手法との計算時間に関する比較実験においては、ベースライン手法に対して10倍以上の計算時間の短縮を達成した。２つ目の主な成果として、動物行動を捉えた長時間のセンサデータから、動物の意思決定要因を分析するツールの提案を行っている。本論文では、動物移動軌跡の初期の一部のデータのみを用いてその将来行動を予測する予測モデルを、利用する初期軌跡の長さごとに複数用意し、動物が将来行動に関する意思決定を行ったタイミングを検出している。これは、初期の軌跡データから将来の目的地などが予測できれば、その初期のデータに目的地選択に関する情報が含まれているだろうという考えに基づく。提案したツールを海鳥およびサケの軌跡データに適用した。海鳥のデータからは、海鳥が朝方の時間帯にコロニー周辺で餌を捉えることができなければ、長期の採餌トリップを行う新たな習性を明らかにした。サケのデータからは、母川の近くに回帰したサケが、母川の流量増加等により早期に母川の匂いを経験することができれば、早急に母川に遡上する習性に関する新たな発見に繋がった。

本論文は、多モーダルかつ長時間の動物行動センサデータからのデータ駆動型知識発見手法を提案し、行動ビッグデータからの知識発見を変革した。提案手法により、これまでに発見されていなかった動物の生態を数多く明らかにし、データ駆動型手法の有用性を示した。多モーダルデータからの共起モード発見や、意思決定要因推定などの新しいタスク設定および、それらを実現する手法設計に情報科学研究としての貢献が認められ、さらに生態学研究における新しい発見を通じて提案手法の有効性を実証した研究として、情報科学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。