

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：17401

研究種目：学術変革領域研究(B)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H05143

研究課題名（和文）真社会性動物ハダカデバネズミの「死」に対する社会行動の進化的起源の探索

研究課題名（英文）Exploring the evolutionary origins of social behavior toward death in eusocial naked mole-rats

研究代表者

三浦 恭子 (Miura, Kyoko)

熊本大学・大学院生命科学研究部（医）・教授

研究者番号：80583062

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 25,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、真社会性哺乳類ハダカデバネズミの死に対する社会行動を定量化するための新規行動アッセイ系として、RFID技術を用いて群れ内全個体の位置情報を網羅的かつ自動的に記録するトラッキングシステムを世界で初めて開発した。さらに、このシステムで取得した大規模行動データから、群れ内の各個体の行動タイプや個体間の行動同期ネットワークを解析する系を立ち上げ、ハダカデバネズミの典型的な群れにおける行動の個体差や個体間関係を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したハダカデバネズミにおける大規模行動解析系によって、群れ内の行動を個体レベル・集団レベルで効率的に定量化することが可能になり、真社会性哺乳類における死の応答の網羅的解析に関する研究を遂行することができるようになった。また、この系は汎用性・拡張性が高く、死の応答のみならず様々な摂動に対する群れの応答を調べることが容易になり、真社会性哺乳類の社会性関連研究を加速させることが期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, as a novel behavioral assay system for quantifying social behavior toward death in a eusocial mammal, the naked mole-rat, we developed a tracking system that comprehensively and automatically records location information of all individuals in a group using an RFID technique. Furthermore, we have established a system to analyze the behavioral type of each individual in a group and the behavioral synchronization network among individuals based on the large-scale behavioral data acquired by the tracking system, and clarified behavioral individual differences and inter-individual relationships in a typical group of the naked mole-rat.

研究分野：分子生物学

キーワード：ハダカデバネズミ

## 1. 研究開始当初の背景

閉鎖的で協力的な社会を作る真社会性種では、仲間の死体がある時には特定の個体が死体を運搬する行動をすることで群れ内の衛生・安全を保つことが知られる。一方、真社会性哺乳類であるハダカデバネズミ *Heterocephalus glaber* (以後、デバネズミと略記) でも似たような社会システムを持つことが予想されるが、実際に調べた例はこれまでなかった。真社会性昆虫と異なり、デバネズミでは効率的に群れ内の全個体の行動を記録する系がこれまで開発されていなかったため、群れ内の行動の個体差や個体間の関係を網羅的に調べるのが困難であり、死に対する社会行動を適切に評価することも難しかった。



図1. 真社会齧歯類  
ハダカデバネズミ

## 2. 研究の目的

本研究では、デバネズミの群れ内全個体の行動を大規模かつ網羅的に記録し、群れ内の行動の個体差や個体間関係を効率的に解析する新規行動アッセイ系の開発を目的とした。

## 3. 研究の方法

RFID (Radio-frequency identification) タグ技術を利用して個体の自動トラッキングが可能か検証した。コロニー5群計102個体(群れ全個体)を対象に、RFIDタグをハダカデバネズミの皮下に埋め込み、9つの部屋(3x3のトンネルで移動可能な部屋)で構成された飼育ケージのトンネル両端にRFIDリーダーを2個ずつ設置(計24個)した。各群につき24時間の記録を30セット行った。得られたRFID検知データを、時系列の場所情報に変換し、各個体の経時的な位置情報データに変換した。飼育ケージの9つの部屋には、ネスト・トイレ・ゴミだめといった特徴的な機能を有する部屋が存在する。そこで、取得した時系列大規模行動データ(5群、102個体、24時間×30セット)をもとに、各個体の5種行動(休息、ネスト、トイレ、ゴミだめ、その他)の行動イベントに関して、それぞれ合計時間、イベント回数、平均連続時間を算出した。休息行動以外の4種では合計時間とイベント回数を、4種行動の合計時間の合算値でそれぞれ統制した指標も算出し、合計で23個の変数を作成した。3060サンプル(個体数×セット数)×23変数の多次元行動データについて、次元削減法の一つであるUMAPを用いて二次元マッピングし、密度分布に従ってサンプルをクラスタリングすることで、各個体の行動パターンを全自動的、かつ客観的指標に基づいて、分類分けすることに成功した。その後、数理的解析により各個体間・各分類群間での行動相関性について解析した。

## 4. 研究成果

RFIDによる自動トラッキングによって、群れ全個体の時系列位置情報データを取得することができた。飼育システムにおける9つの部屋はネスト、トイレ、ゴミだめ、そ

れ以外の部屋に分かれ、この4種類の部屋での個体の連続滞在時間を調べたところ、ネストの場合だけ長時間の滞在が一山として現れた。そのため、ネストに10分以上連続で滞在した行動イベントを「休息」と定義し、10分未満なら「ネスト」、それ以外の部屋に滞在した時はそれぞれ「トイレ」「ゴミだめ」「その他」と定義し、5種類の行動に分類した。この分類をもとに時系列行動データへの変換に成功した。

23変数の多次元行動データにUMAPを適用したところ、大きく二つの集団に大別され、①大部分の連続的な集まりと、②少数の集まりに分かれた。密度分布をベースにしたクラスタリングによって7つのクラスターに分かれた。繁殖個体と非繁殖個体を比較すると、非繁殖個体が「①大部分の連続的な集まり」に満遍なく配分された一方で、繁殖個体が一貫して「②少数の集まり」に配分され、カーストによる行動タイプの明確な違いを本研究で得られたクラスタリングで正確に分類できていることが示唆された。各種変数と二次元マップとの関係性を調べると、「休息時間が長いクラスター」や、「休息回数が多く、休息の持続時間が短いクラスター」など特徴的な行動パターンが検出された。これらの結果は、繁殖個体と非繁殖個体が行動タイプとして明確に異なること、非繁殖個体の中でも活動時間や移動頻度によって細分できることを示している。

また取得した時系列位置情報データを用いて、群れ内の二個体が（1）同時に休息あるいは活動をする頻度、（2）同時に同じ場所で活動する頻度、の30日平均を算出し、群れ内の個体の各組み合わせが活動リズムあるいは活動場所をどの程度同期させるかを調べた。その結果、活動リズムの同期ネットワーク・活動場所の同期ネットワークいずれにおいても、同期性が高い個体と低い個体に分かれていることが明らかになった。特に、繁殖個体同士が、極めて強く活動場所を同期させていることが明らかになった。

本研究では、デバネズミの群れ内全個体を対象とする自動トラッキング系を新たに開発し、デバネズミで世界初の大規模行動解析系を立ち上げることに成功した。この系によって群れ内の行動の個体差や個体間関係を網羅的に調べることができるようになった。ここまでの結果をまとめた論文については今年投稿予定であり、今後、各個体の死体への応答を調査予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Yamakawa Masanori, Miura Kyoko, Kutsukake Nobuyuki	4. 巻 210
2. 論文標題 Helping syndrome is partially confirmed in the eusocial naked mole-rat	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Animal Behaviour	6. 最初と最後の頁 289 ~ 301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.anbehav.2024.01.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Murakami Yoshitaka, Wei Fan-Yan, Kawamura Yoshimi, Horiguchi Haruki, Kadomatsu Tsuyoshi, Miyata Keishi, Miura Kyoko, Oike Yuichi, Ando Yukio, Ueda Mitsuharu, Tomizawa Kazuhito, Chujo Takeshi	4. 巻 6
2. 論文標題 NSUN3-mediated mitochondrial tRNA 5-formylcytidine modification is essential for embryonic development and respiratory complexes in mice	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-023-04680-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Oka Kaori, Yamakawa Masanori, Kawamura Yoshimi, Kutsukake Nobuyuki, Miura Kyoko	4. 巻 11
2. 論文標題 The Naked Mole-Rat as a Model for Healthy Aging	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Annual Review of Animal Biosciences	6. 最初と最後の頁 207 ~ 226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1146/annurev-animal-050322-074744	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamamura Yuki, Kawamura Yoshimi, Oka Kaori, Miura Kyoko	4. 巻 113
2. 論文標題 Carcinogenesis resistance in the longest lived rodent, the naked mole rat	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cancer Science	6. 最初と最後の頁 4030 ~ 4036
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/cas.15570	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamada Akihiro, Toya Hikaru, Tanahashi Mayuko, Kurihara Misuzu, Mito Mari, Iwasaki Shintaro, Kurosaka Satoshi, Takumi Toru, Fox Archa, Kawamura Yoshimi, Miura Kyoko, Nakagawa Shinichi	4. 巻 28
2. 論文標題 Species-specific formation of paraspeckles in intestinal epithelium revealed by characterization of <i>NEAT1</i> in naked mole-rat	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RNA	6. 最初と最後の頁 1128 ~ 1143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1261/rna.079135.122	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 河村 佳見 , 三浦 恭子	4. 巻 55
2. 論文標題 老化・がん化耐性齧歯類ハダカデバネズミ Senescence- and cancer-resistant rodent, the naked mole-rat;特集 セノリティクス	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 細胞	6. 最初と最後の頁 92 ~ 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Oka K*, Fujioka S*, Kawamura Y*, Komohara Y, Chujo T, Sekiguchi K, Yamamura Y, Oiwa Y, Omamiuda-Ishikawa N, Komaki S, Sutoh Y, Sakurai S, Tomizawa K, Bono H, Shimizu A, Araki K, Yamamoto T, Yamada Y, Oshiumi H, Miura K (*equally contributed)	4. 巻 5
2. 論文標題 Resistance to chemical carcinogenesis induction via a dampened inflammatory response in naked mole-rats	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 287-287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-022-03241-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miura Toru, Oguchi Kohei, Yamaguchi Haruka, Nakamura Mayuko, Sato Daisuke, Kobayashi Kenta, Kutsukake Nobuyuki, Miura Kyoko, Hayashi Yoshinobu, Hojo Masaru, Maekawa Kiyoto, Shigenobu Shuji, Kano Takeshi, Ishiguro Akio	4. 巻 0
2. 論文標題 Understanding of superorganisms: collective behavior, differentiation and social organization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 0
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10015-022-00754-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamada Akihiro, Toya Hikaru, Tanahashi Mayuko, Kurihara Misuzu, Mito Mari, Iwasaki Shintaro, Kurosaka Satoshi, Takumi Toru, Fox Archa, Kawamura Yoshimi, Miura Kyoko, Nakagawa Shinichi	4. 巻 0
2. 論文標題 Species-Specific Formation of Paraspeckles in Intestinal Epithelium Revealed by Characterization of NEAT1 in Naked Mole-rat	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 bioRxiv	6. 最初と最後の頁 0
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1101/2022.02.17.480918	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Rochelle Buffenstein, 他, Kyoko Miura, Smith Ewan St. John	4. 巻 97
2. 論文標題 The naked truth: a comprehensive clarification and classification of current 'myths' in naked mole rat biology	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biological Reviews	6. 最初と最後の頁 115 ~ 140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/brv.12791	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamamura Yuki, Kawamura Yoshimi, Oiwa Yuki, Oka Kaori, Onishi Nobuyuki, Saya Hideyuki, Miura Kyoko	4. 巻 41
2. 論文標題 Isolation and characterization of neural stem/progenitor cells in the subventricular zone of the naked mole-rat brain	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inflammation and Regeneration	6. 最初と最後の頁 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s41232-021-00182-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山川真徳, 沓掛展之, 三浦恭子	4. 巻 279
2. 論文標題 特異な哺乳類ハダカデバネズミの秘密 - 真社会性・老化耐性・がん化耐性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 医学のあゆみ	6. 最初と最後の頁 742-748
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大豆生田-石川夏子, 岡香織, 河村佳見, 三浦恭子	4. 巻 59
2. 論文標題 臨床に役立つQ&A ハダカデバネズミの長寿の秘密について教えてください	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geriatric Medicine	6. 最初と最後の頁 1161-1164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 最長寿齧歯類ハダカデバネズミを用いた抗老化・発がん耐性研究
3. 学会等名 第22回日本再生医療学会総会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 最長寿げっ歯類ハダカデバネズミの抗老化とがん耐性
3. 学会等名 千里ライフサイエンス振興財団「新適塾 脳はおもしろい」(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 最長寿・老化耐性・がん耐性齧歯類ハダカデバネズミの不思議
3. 学会等名 日本生理学会第100回記念大会 市民公開講座「100年後の人類は？」(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 最長寿齧歯類ハダカデバネズミ特有の老化耐性・発がん抑制機構の探求
3. 学会等名 第45回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 最長寿齧歯類ハダカデバネズミにおける抗老化・発がん抑制機構の探求
3. 学会等名 第41回日本認知症学会学術集会/第37回日本老年精神医学会 合同開催（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 最長寿齧歯類ハダカデバネズミの化学発がん誘導への抵抗性
3. 学会等名 第51回 日本環境変異原ゲノム学会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 Investigation of the mechanisms underlying resistance to carcinogenesis and aging in the longest-lived rodent, the naked mole-rat
3. 学会等名 第8回群馬大学生体調節研究所内分泌代謝学国際シンポジウム（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 最長寿齧歯類ハダカデバネズミにおける発がん耐性
3. 学会等名 第81回日本癌学会学術総会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 不老長寿!? がんにならない!? 社会性げっ歯類ハダカデバネズミ
3. 学会等名 NEURO2022 - 日本神経科学学会 市民公開講座「脳科学の達人」（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山川真徳・三浦恭子・沓掛展之
2. 発表標題 真社会性ハダカデバネズミにワーカー内カーストは存在するのか
3. 学会等名 日本動物行動学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 最長寿齧歯類ハダカデバネズミの老化遅延・発がん耐性メカニズムの探求
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 最長寿げっ歯類ハダカデバネズミの老化耐性・発がん耐性
3. 学会等名 ISSCR/JSRM 2021 Tokyo International Symposium 市民公開講座（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 Investigation of the mechanisms underlying delayed aging and cancer resistance in the longest-lived rodent, the naked mole-rat
3. 学会等名 ISSCR/JSRM 2021 Tokyo International Symposium（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 最長寿齧歯類ハダカデバネズミにおける発がん耐性
3. 学会等名 第80回日本癌学会学術総会 モーニングレクチャー（ML22）（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 最長寿齧歯類ハダカデバネズミにおける発がん耐性のメカニズム
3. 学会等名 第80回日本癌学会学術総会 シンポジウム5「老化とがん」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 最長寿齧歯類ハダカデバネズミの細胞老化調節機構
3. 学会等名 千里ライフサイエンスセミナーS3 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦恭子
2. 発表標題 最長寿齧歯類ハダカデバネズミ特有の抗老化・発がん耐性機構の探求
3. 学会等名 第三回 再生学異分野融合研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

くまだいでバ研へようこそ！ <a href="https://debalab.org">https://debalab.org</a>
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------