

哺乳類における、社会組織と寿命の相関 進化について

2023.06.20
Hokkaido Univ.
Takanori Mogi

Abstract

- 集団生活している種は、単独生活している種よりも長生きする傾向にある
- 短命な状態から長命な状態への進化は、集団生活する種の方が高い
 - 社会性の進化と長寿の相関性が明らかになった
- 社会性と長寿の関連に関与する 31 の遺伝子、ホルモン、免疫を特定した
 - 社会性が長寿に及ぼす影響が分子レベルで認められた

Introduction

- 哺乳類は単独生活(solitary living)、ペア生活(pair-living)、集団生活(group-living)など幅広い形態をとって生活する (Kappeler et al. 2002)
- 多くの社会性がある (多層社会、真社会性、半社会性)
- 寿命は 2 年 (リュウグウノツカイ) から 200 年 (ホッキョククジラ) まで幅広い
- 社会性の進化と寿命の関係性を明らかにすることは、動物の生活史がどのように進化してきたかを深く理解することができる

Previous Research

- 単一種での研究はなされているが、種を越えたものは少ない。（真社会性に限定した研究など）



Yang, Y. C. et al. 2016



Archie, E. A. et al. 2018

- 分子メカニズムの解明は完全にはなされていないが、いくつか可能性のある説が示唆されている。
 - ストレス緩衝仮説... 社会的な結びつきが有害な環境の刺激やストレスを軽減し、健康増進をさせる (Vila et al. 2021)
 - 感染症... 集団生活をしている種は、個体間の結びつきが強いので感染症にかかりやすい傾向にあるが、病原体から身を守るために免疫を進化させている可能性もある (Altizer, et al. 2003)
 - 生活ペース... 生活史が遅く（発育が遅い、繁殖力が低い）、寿命が長い種で社会的結合が強い可能性がある (Silk M.J et al. 2021)

Research / Methods

1. ベイズ推定を用いて、社会形態と長寿の異なる哺乳類約 1000 種の比較を行った。
 1. 単独生活(solitary living)、ペア生活(pair-living)、集団生活(group-living) を比較
2. 生活史や系統関係を踏まえた上で、哺乳類 94 種の脳内トランスクリプトーム解析を行った。
 1. 社会形態と長寿に関連する候補遺伝子、パスウェイを特定した。

系統分類図



- 系統樹（中心）
- 社会組織の所属（真ん中の層）
- 成体量（外から 2 番目）
- 寿命（1 番外側）

組織の状態における寿命の違い

- 方法: 種の最大寿命（絶対寿命、左）と、絶対寿命に成体の体格を加味した相対的寿命（右）を寿命として社会組織に対して相関があるかどうかの分散分析を行った。



社会的組織と寿命との相関をさらに分析する

社会的組織の進化確率遷移モデルを形成



結果



- "ペア生活 → 単独生活" > "単独生活 → ペア生活"

寿命に特化した遷移確率モデルの作成と、結果



長寿命状態への遷移が、社会組織によってどう変化するか



社会組織の進化による長寿への相関を支える遺伝子を同定する

- 94 種の脳内トランスクリプトーム解析を実施
 - オルソログ遺伝子の同定
 - ヒトの CDS 配列と各々の転写物とでアライメントを実施
 - いい結果を示した遺伝子をオルソログと同定
 - オルソログの遺伝子発現量が、社会形態とどのように関連しているかの調査

形態ごとに発現が多い遺伝子、少ない遺伝子があることがわかった





- 長寿に関連する遺伝子 31 つを同定
- その中でのクラスターが見られた
 - 寿命と社会的組織に関与していると考えられる遺伝子を同定（右 2 つ）

さらに、4つの一般化線形混合効果モデルを定義した

- 孤独生活関連の遺伝子を同定するためのモデルで、全ての種を孤独か非孤独に分類
- ペア生活関連の遺伝子を同定するためのモデルで、全ての種をペアか非ペアに分類
- 集団生活関連の遺伝子を同定するためのモデルで、全ての種を集団か非集団に分類
- 集団生活関連の遺伝子を同定するためのモデルで、全ての種を単独生活、ペア生活、集団生活に分類

社会性と寿命に相関のあるパスウェイ



- 計 10 の、社会組織と寿命に相関のあるパスウェイを発見
- immunoregulatory interactions between a lymphoid and a non-lymphoid cell
という経路
 - 長寿との負の相関を示した。
 - 単独行動する種では発現が低下するが、集団生活する種では発源が上昇した。
 - 感染症のリスクの上昇に対する免疫応答？

オルソログ遺伝子の選択係数の推定



- 自然選択にどう影響されているかを調査した

polysel を用いた、パスウェイ解析



- 自然選択が有意に変動するパスウェイを抽出した
- 自然選択に同一の傾向を示さなかった

Conclusion

- 社会組織と寿命の相関的な進化の根拠を示すことができ、集団生活する種が単独生活する種よりも長生きであることを示した。
- 免疫経路、炎症経路およびその遺伝子は、社会性と長寿の相関に関連している
- 孤独な種は社会性が低いと仮定していたが、哺乳類の社会は個体構成や育児パターン、集団など多様な形態をとるので、あくまでも相関進化研究の基礎となるものである