

ネズミのヒゲには制振装置が備わっていた —触覚情報を高精度に選別するメカニズムを解明—

概要

明治国際医療大学・解剖学教室の榎原智美教授と同修士課程2年の村本大河さんは、Weizmann科学研究所（イスラエル）のEhud Ahissar教授と大阪大学の古田貴寛教授らと共同して、ネズミのヒゲ（whisker）に存在する感覚受容器のひとつが、自身の動きと外部からの接触刺激を正確に区別することを明らかにしました。本成果は、謎の多い皮膚触覚システムの一端を明らかにするものであり、国際学術誌 **Nature Communications** に掲載されました。

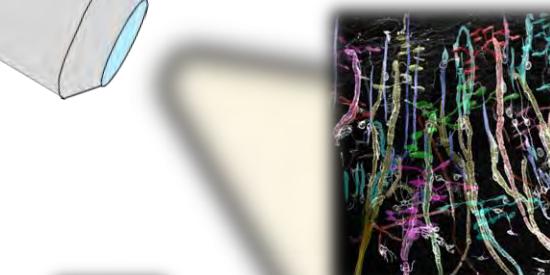
20年来の謎

以下敬称略

約20年前、榎原らは、ネズミやネコのヒゲ毛包内に多様な種類の機械受容器が存在し、それぞれが異なる層や組織構造の中に配置されていることを、当時の最新顕微鏡を用いて3Dで描出して世界に報告しました(Ebara et al., 2002)。しかし、複雑な構造の違いがどのように機能の分化につながるのかは、長年の課題として残されてきました。

同じ頃、Weizmann科学研究所のEhud Ahissarを中心とする研究グループにより、ヒゲの感覚受容器にはヒゲの動きそのものに反応するものと外部からの接触にのみ反応するものなどがあることが電気生理学的に示されていました (Szwed et al., 2003)。一方で、なぜ特定の受容器が外部接触にだけ反応できるのかは、長らく分かっていませんでした。

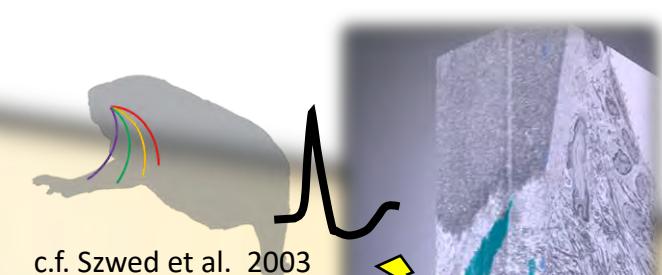
この問題に再び挑んだのが、榎原・古田・Ahissarと大学院生らが中心となった**国際的な共同研究チーム**です。本研究では、単一細胞の反応の記録と標識を両立させた電気生理学的実験と3D電子顕微鏡解析を組み合わせることで、ヒゲ毛包内に存在する特定の感覚受容器（club-like ending）が能動的な外部接触刺激の検出に特化していることを示しました。



c.f. Ebara et al. JCN 2002



Ebara et al. 2017



c.f. Szwed et al. 2003



Furuta et al. 2020

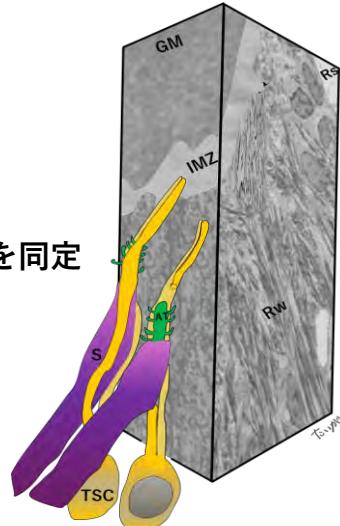


Muramoto et al. 2025



研究成果のポイント

- 外部接触刺激のみを検出する専用の感覚受容器（club-like ending）を同定
- 自己運動ノイズを緩衝する構造的仕組みを解明
- 能動的触覚の理解を大きく前進

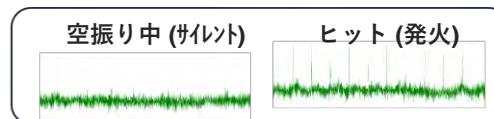
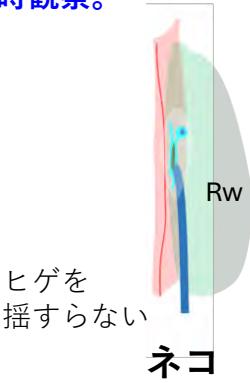


研究の内容

本研究では、明治国際医療大学を中心とする研究チームが、これまで解析が困難とされてきた**単一細胞レベルの電気生理学的手法**と**3D電子顕微鏡解析法**を組み合わせることで、種類の異なる触覚受容器における**機能と形態の同時観察**を可能にしました。

その結果、ヒゲに分布する数百個の感覚受容器のうち**約50個の棍棒状（club-like）終末**が、ヒゲを大きく動かして空振りしている際には全く反応せず、障害物に接触した場合にのみ**選択的に反応**することが明らかになりました。この棍棒状終末は、コラゲンに富む浮き輪状の塊の間に並んで埋もれており、この塊は**振り子**のように動く制振装置として機能している可能性が示されました。ヒゲ運動探索をしないネコでは制振構造は観察されませんでした。

感覚神経細胞1個のはたらきとかたちを同時観察。

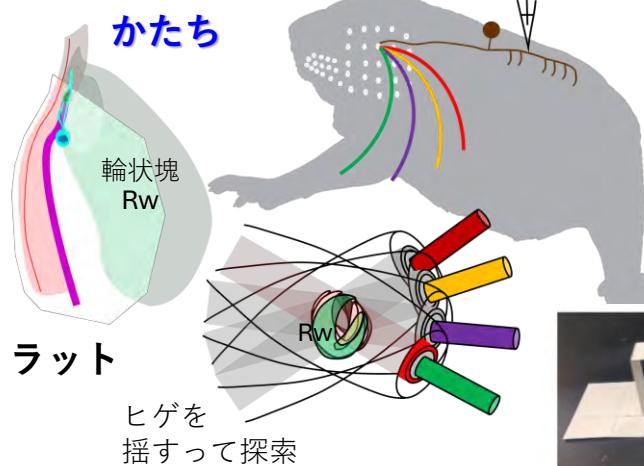


はたらき

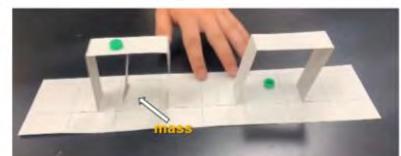
細胞内記録標識法



動画はこちらから



Rw(mass)が制振装置の役割を担う可能性



研究の意義と背景

このような**能動的触覚のメカニズムの解明**は、全身における高精度な感覚制御の理解にも通じる基盤的知見であり、医療工学や触覚センサーの開発をはじめとする幅広い応用展開が期待されます。ヒト型ロボットが人工皮膚で外界を感じできる日も少しだけ近くなりました。

本成果は、**丹波地方の小さな研究室**が長年かけて国内外の共同研究者らと築き上げてきた、強固かつ継続的な学術連携を基盤とする**人的ネットワークの総合知が結実したもの**です。

豊かな自然に囲まれ静かでのんびりした環境は、息の長い地道な実験研究に適しており、長期に渡って一貫したテーマを追いかけることができました。本研究に、学部1年生時代から参画してきた村本にとってはコロナ禍が逆に追い風となり、**外部活動が制限される中で実験に嬉々として専念できる機会に恵まれた**ことも、研究の加速につながりました。本研究が対象とした末梢感覚受容器の单一神経細胞解析は、古くから理想とされながら技術的困難のため実現例が乏しく、長年未解明のまま残ってきた課題でした。

論文情報

タイトル : Club-like receptors respond to light touch but not to whisking

著者 : Taiga Muramoto, Takahiro Furuta*, Taro Koike, Knarik Bagdasarian, Sotatsu Tonomura, Aya Takenaka, Yosky Kataoka, Mitsuyo Maeda, Asami Eguchi, Masaaki Kitada, Kenzo Kumamoto, Ehud Ahissar* & Satomi Ebara* (* Corresponding Authors)

雑誌名 : Nature Communications

掲載日 : 2025年12月24日 (オープンアクセス)

DOI : 10.1038/s41467-025-67514-w



榎原 智美
(本学解剖学教室)



村本 大河
(修士課程2年)



Ehud Ahissar
(イスラエル)



古田 貴寛
(大阪大学)

その他

本研究成果について、報道関係者の皆様に向けて研究内容を分かりやすく解説いたします。
ご希望の方は、総務部までお問い合わせください。ご要望に応じて柔軟に調整いたします。